

El Balneario de San Nicolás de Alhama de Almería (Almería)

María del Carmen Francés Causapé

Presidenta de la Comisión de aguas minerales y minero-medicinales

Como Académica de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia, Medalla nº 43, y Presidente de la Comisión de Aguas Minerales y Minero-medicinales, es para mí un honor presentar los trabajos expuestos en dos Mesas Redondas sobre el estudio del Balneario de San Nicolás, que han tenido lugar respectivamente el 3 de marzo y el 21 de abril de 2016; actividad que se realiza con la colaboración de la Fundación "José Casares Gil" de la Real Academia Nacional de Farmacia.

Los miembros de la Comisión cumplen con esta actividad con el compromiso tradicionalmente adquirido con la Asociación Nacional de Balnearios (ANBAL) cuyo objetivo fundamental es dar a conocer las Aguas Minero-Medicinales declaradas de Utilidad Pública en España y potenciar actuaciones conjuntas con diversas instituciones en beneficio del producto balneario en nuestro país. Se trata de una Asociación de prestigio, que tiene su origen en la Asociación Nacional de la Propiedad Balnearia creada en 1871, que forma parte de la European Spas Association y cuyo objetivo es promocionar la Balneología europea basándose en las cualidades naturales de las aguas minerales; que ha colaborado con la Administración, junto al Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) y el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad desde el año 1989 para la implantación del programa de Termalismo Social; difundiendo las propiedades curativas de las aguas termales. Al propio tiempo se relaciona con la Organización Mundial del Turismo (OMT), organismo especializado de las Naciones Unidas para el fomento del turismo internacional teniendo en cuenta que los balnearios españoles están certificados con la marca Q por el Instituto para la calidad Turística Española porque ostentan prestigio, diferenciación, fiabilidad, rigurosidad y promoción por parte de la Secretaría de Estado de Turismo y las Comunidades Autónomas.

Las personas que realizan los estudios sobre los balnearios son todos peritos especialistas que provienen de centros oficiales: Vocales Natos de la propia Comisión como Académicos de Número y Correspondientes, de Catedráticos o Profesores Titulares de Universidad; y funcionarios de organismos estatales o Centros Públicos de Investigación como la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), dependiente del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente; del centro de

Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) así como del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) que son organismos públicos de investigación adscritos al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

La Comisión ya está incurso en el estudio del centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza) respondiendo así a los objetivos de la Real Academia Nacional de Farmacia, al dictado de nuestro Presidente, el Excmo. Sr. D. Mariano Esteban Rodríguez y apoyándole para hacer realidad el primero, segundo y tercer "brainstorming", respondiendo así al primer objetivo de los encuentros tenidos en 2013, 2014 y 2015, en relación con el estudio científico y técnico de los Balnearios españoles; y haciendo posible el segundo objetivo: la difusión de los trabajos de la Comisión para lo cual cuento, no me cabe duda, con el apoyo incondicional del Secretario General de la Real Academia Nacional de Farmacia, Excmo. Sr. D. Bartolomé Ribas Ozonias; y de los eficaces responsables de Publicaciones, Excmo. Sr. D. Antonio Luis Doadrio Villarejo; e Informática y Comunicación, Excmo. Sr. D. Jesús Pintor Just, para que vean la luz los Anales Extraordinarios dedicados a los Balnearios. Ya se publicó el Volumen 82, Monografía XXXIV, dedicado a Villavieja (Castellón), gracias en parte a la labor realizada por D^a Josefa Ortega Ortiz de Apodaca; y gracias a la gran dedicación en maquetarlos por parte de D. Carlos Fernández González; y ahora se publicaran las Monografías XXXV y XXXVI correspondientes al Balneario de San Nicolás de Alhama de Almería y al Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza) que junto a las anteriormente publicadas harán posible dar a conocer a la Sociedad Española no solo la labor que se hace desde la Real Academia Nacional de Farmacia en este campo específico sobre los Balnearios españoles sino también la divulgación y puesta en valor ante los diferentes centros oficiales, mencionados anteriormente, y los Ministerios de Educación, Cultura y Deporte; de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y, en definitiva, ante los ciudadanos españoles; de las aguas de los Balnearios españoles en la salud pública.

Este número de los Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia, es el volumen 83 de los Anales Extraordinarios y la Monografía XXXV, redactada y publicada por la Comisión para el estudio de las Aguas Minerales y Minero-Medicinales de esta Real Academia que actualmente, según Decreto 367/2002 de 19 de abril de 2002 (B.O.E. nº 110, de 8 de mayo de 2002) se considera como Comisión Permanente de carácter técnico y cuya finalidad primordial es el estudio de las aguas utilizadas en los Balnearios españoles.

En esta Memoria se estudia primeramente por los Dres.: Profesora D^a María del Carmen Francés Causapé, Académica de Número, en colaboración con el Profesor D. José López Guzmán, Académico Correspondiente, y la Doctora, con mención Europea UCM, María López González; la situación del Balneario de San Nicolás y su entorno. El Balneario, de gran tradición histórica, se encuentra en la calle Baños nº 2 de la

población de Alhama de Almería, situada al Sur de la provincia de Almería, en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se pone de manifiesto el antiguo origen de Alhama de Almería y los bellos parajes naturales de su entorno, así como el uso de sus aguas medicinales por romanos y árabes, después en los siglos XVII, XVIII y XIX se difundió su uso en la Península pero que durante el siglo XX gozaron de una gran nombradía. Fueron declaradas de utilidad pública en 1877, gracias al análisis químico practicado por el farmacéutico Gil Ramón Rodríguez, instalado con botica en la población; lo cual fue confirmado en 1928. Se hace mención, entre las personalidades alhameñas, a D. José Artés de Arcos que en el siglo XX hizo posible la recuperación del Balneario. Se da cuenta de los Médicos Directores del Balneario hasta la actualidad. El microclima excepcional que goza la localidad, sumado al trato exquisito de todo el personal, tanto en el Balneario como en el Hotel; hacen de este establecimiento un auténtico **Centro de Salud**.

La Profesora Dra. M^a Esperanza Torija Isasa, Académica Correspondiente, con sus colaboradores del Departamento de Nutrición y Bromatología II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid: Dras. D^a Mercedes García Mata,

D^a M^a Dolores Tenorio Sanz, D. José Ignacio Alonso Esteban; y Dr. José Luis

López Colón del Instituto Toxicológico de la Defensa; dan cuenta de la existencia

de diferentes estudios de las aguas de este Balneario desde el siglo XIX, en los que se comenta el tipo de aguas y su clasificación; entre ellos destacan los de Madoz (1846), Pedro María Rubio (1953) o Martínez Reguera (1896) y tras analizar las aguas correspondientes al origen del manantial y a la fuente que se encuentra en uno de los patios concluyen que se consideran aguas hipertermales, que surgen a una temperatura de 48°C, su pH es cercano a 8, son de mineralización media, con un residuo, a 180°C, superior a 600mg/L, si bien su conductividad (800uS/cm) permitiría, según Rodier, aproximarlas a aguas de mineralización importante. La

dureza, cercana a 500mg/L de CaCO₃, indica que se trata de aguas muy duras, en las que predomina el calcio, con un contenido ligeramente superior a 100mg/L. De los aniones, sulfatos y bicarbonatos son mayoritarios, con valores próximos o ligeramente superiores a los 200 mg/L. Por los análisis realizados se pueden considerar aguas hipertermales, de mineralización media y muy duras.

Igualmente las Dras. D^a María Antonia Simón Arauzo y D^a M^a del Carmen de las Heras Iñiguez junto a sus colaboradores D. José Antonio Suárez Navarro, D^a Catalina Gascó Leonarte, D^a Beatriz Romero del Hombrebueno Pozuelo, D. José Antonio Trinidad y D^a Ana M^a Suañez Fidalgo del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT, han realizado un estudio radiológico de las aguas del Balneario determinando cuantitativamente los radionúclidos naturales más significativos,

concluyendo que de los tres puntos de surgencia: Sillero, Alsina y San Marcos solo se pueden considerar radiactivas las aguas de la surgencia Alsina, ya que alcanzan los niveles de ^{222}Rn de 67,3 Bq/L debiéndose los niveles de actividad alfa y beta detectados a la contribución de los isótopos de la serie natural ^{238}U lo cual no tiene incidencia en la salud pública pues las aguas se utilizan por vía tópica.

Si tiene interés el conocimiento de la composición química y el estudio radiológico de las aguas del Balneario, también es importante el estudio microbiológico que ha sido efectuado por la Profesora Dra. D^a M^a del Carmen de la Rosa Jorge, Académica Correspondiente, en colaboración con las Dras. D^a Concepción Pintado García y D^a Carmina Rodríguez Fernández, del Departamento de Microbiología II de la Facultad de Farmacia UCM, demostrando que están exentas de contaminación por microorganismos de origen fecal y al analizar la microbiota autóctona comprobaron que no afecta a la salud pública.

El Profesor Dr. D. Antonio López Lafuente, Académico Correspondiente, y sus colaboradores los Dres. D^a Inmaculada Valverde Asensio, D. José Ramón Quintana Nieto, D^a Ana de Santiago Martín y D^a Concepción González Huecas del Departamento de Edafología de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid; han estudiado el entorno del Balneario de San Nicolás de Almería, ubicado en la ladera norte de la Sierra de Gádor; las propiedades físico-químicas de los suelos que se encuentran en la parte superficial de las capas freáticas pues juegan un papel muy importante en la hidroquímica de las aguas subyacentes; analizan las características edafológicas de cuatro suelos muy significativos junto al clima y la vegetación que condicionan la velocidad de penetración del agua, proceso fundamental en la recarga de los acuíferos. En este caso, se trata de suelos poco desarrollados que presentan pHs básicos, bajo contenido en materia orgánica y poca capacidad de intercambio iónico. Esto, junto al predominio de texturas gruesas, y la pérdida de estructura en los horizontes profundos, condicionan un alto grado de infiltración.

En el estudio hidrogeológico, redactado por los Dres. D. Juan Antonio López Geta, del Grupo Especializado del Agua (GEA) de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas, y D. Juan José Durán Valsero, Director del Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica del Instituto Geológico y Minero de España; en colaboración con el Dr. D. Antonio Ramírez Ortega, Académico Correspondiente; han descrito las aguas del Balneario de San Nicolás que se caracterizan por su escasa mineralización, cierta radiactividad, contenido en SiO_2 y sulfatos, además de una temperatura superior a 40^o C; indican un circuito de alimentación profunda con un tiempo de tránsito elevado en el acuífero carbonático de los mármoles triásicos de la Sierra de Gador. En la actualidad, las aguas tienen que ser elevadas desde el acuífero mediante una serie de pozos verticales, dos situados en una galería horizontal. Antiguamente, las aguas surgían de manera natural en un manantial, que daba lugar, junto a otros

alineados a lo largo de una serie de fallas del borde septentrional de la sierra de Gádor, a una serie de plataformas travertínicas de notable desarrollo. El descenso del nivel freático se ha debido a causas naturales, como el caso del terremoto del año 1552, y a la intensa explotación en su entorno mediante sondeos profundos de los últimos años.

Los Dres. D. Antonio Mestre Barceló, Jefe del Área de Climatología y Aplicaciones Operativas (fallecido) y D^a María Roser Botey Fullat, Jefe del Área de Climatología y Aplicaciones Operativas, ambos de la Agencia Estatal de Meteorología han realizado el estudio climático y bioclimático del entorno del Balneario de San Nicolás ubicado en Alhama de Almería del que se deduce que se trata de un clima seco, semiárido, con una temperatura media anual próxima a 18°C, continental y no excesivamente caluroso. La precipitación acumulada media anual está en torno a

264 mm, y la sensación térmica es de bienestar en los meses de octubre a mayo, y de calor en los meses de Junio a Septiembre.

Los estudios sobre la vegetación del entorno del Balneario han sido redactados por los Dres. Profesor Daniel Pablo de la Cruz Sánchez Mata, del Departamento de Biología Vegetal II de la UCM, Académico Correspondiente contando con la colaboración de D. Miguel Ladero Álvarez, Académico Correspondiente; destacando, desde el punto de vista geobotánico, la excepcional ubicación del Balneario que se sitúa en la vertiente septentrional de la Sierra de Gádor y orientada hacia la amplia rambla del río Andarax. La Sierra de Gádor y sus estribaciones en Enix constituyen unos enclaves singulares en el área debidos en gran parte a su historia geológica. A pesar de que la vegetación natural de Gádor se encuentra fuertemente alterada por la secular actividad humana aún restan enclaves y barrancos donde podemos estudiarla amén de los interesantes complejos de vegetación de alta montaña con comunidades vegetales únicas. En cuanto a la flora destacan los taxones endémicos de estas montañas así como otros elementos florísticos orófilos béticos de excepcional interés.

Finaliza la Memoria con el estudio de la acción terapéutica de las aguas de Alhama de Almería, que se llamó Alhama la Seca después del grave terremoto ocurrido en 1522. El estudio del Hotel Balneario San Nicolás de Alhama de Almería, nombre que adoptó en 1927; ha sido realizado por la Profesora Dra. D^a Josefina San Martín Bacaicoa, Académica Correspondiente, donde pone de manifiesto que tiene capacidad para 161 personas así como acceso para minusválidos con dos habitaciones adaptadas. En la parte baja se encuentran las instalaciones balnearias. Sus aguas mineromedicinales, declaradas de Utilidad Pública en 1884, ratificada por el Real Decreto 743/1928; son aguas hipertermales, de mineralización media, bicarbonatada, sulfatada, cálcica, magnésica, ferruginosa y radiactiva, extremadamente duras; se pueden administrar por vía oral, inhalatoria y tópica, aplicando diferentes técnicas, en

instalaciones adecuadas. Este Balneario tiene establecido concierto con el programa de Termalismo Social del IMSERSO (Andalucía), cuyos beneficiarios son usuarios con patología reumática y/o respiratoria, procedentes en su mayoría de Andalucía (66%), seguidos de Madrid (17%) y de otras ocho Comunidades Autónomas.

Madrid, 2 de marzo de 2017

Balneario de San Nicolás de Alhama (Almería). Historia y generalidades

Title in English: *The San Nicolás de Alhama's Spa (Almería). History and generalities*

María del Carmen Francés Causapé^{1*}, José López Guzmán², María López González³

¹Académica de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia. ²Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia. ³Doctora en Farmacia con mención Europea por la Universidad Complutense de Madrid. *mcfc@hotmail.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 14-37.

RESUMEN	ABSTRACT
Se hace una reseña de la situación geográfica del Balneario de San Nicolás, de los antecedentes históricos del mismo y situación actual así como de sus aguas minero-medicinales, sus propietarios, el primer análisis realizado por un farmacéutico, la dirección médica y los pacientes que le han frecuentado.	An account of the geographical position of Alhama de Almería'Spa is given, including a brief history of it and its situation nowadays. An particularly reference it is made about the minero-medicinal waters of this Spa, their proprietaries, the pharmacist who made the first chemical analysis, the sanitary direction and the patients frequented it.
Palabras clave: Agua mineromedicinal; Balneario; Alhama de Almería; Farmacéutico; Médicos, Pacientes.	Keywords: Minero-medicinal water; Spa; Alhama de Almería; Pharmacist; Sanitary direction; Patients.

1. INTRODUCCIÓN

El Balneario San Nicolás se encuentra situado en el término municipal de Alhama de Almería, en la calle Baños número 2, y es uno de los centros hidroterápicos más destacados con que cuenta la propia provincia de Almería y la Comunidad Autónoma de Andalucía. Está situado al Sur de la provincia de Almería, en la Alpujarra almeriense y el valle del río Andarax, a 445 metros de altitud sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas UTM son: X=538.174 e Y=4.090.736

El acceso al Balneario se puede realizar por carretera distando 25 Km de Almería, 189 Km de Murcia, 202 Km de Cartagena, 217 Km de Granada, 304 Km de Alicante, 450 Km de Valencia y 537 Km de Madrid. Asimismo el desplazamiento al

Balneario puede hacerse por ferrocarril hasta Almería, en autobús ALSA hasta Almería o bien en avión hasta Almería y desde Almería en autobús ALSA a Alhama de Almería.



Figura 1. Escudo heráldico de Alhama de Almería.

2. ALHAMA DE ALMERÍA

La localidad de Alhama de Almería está enclavada en las estribaciones nororientales de la Sierra de Gádor, en la margen derecha del río Andarax, pertenece a la demarcación paisajística de las Alpujarras cuyo territorio se caracteriza por la aridez, motivo por el cual tiempo atrás se la denominó Almería La Seca.

El municipio cuenta con su propio escudo heráldico que, de acuerdo con el dictamen de la Real Academia de la Historia, se autorizó por Decreto 3103/1965, de 11 de septiembre (1); y consiste en un escudo cortado: primero de sinople, un racimo de uvas de oro, que simbolizan la producción vitivinícola tradicional de la población; y segundo, de azur, un puente, que reproduce una obra de ingeniería conocida "La Puente" de Alhama; situado en el municipio de planta entre peñas al natural, mazonado de negro. El todo timbrado de Corona Real abierta (Figura 1).

Alhama de Almería es el municipio más poblado de los veintidós que constituyen la Alpujarra almeriense pues en la actualidad consta de unos 4.000 habitantes entre cuyas actividades económicas destacan: la agricultura de secano: almendros, frutales, olivares y viñedos mientras que el principal cultivo de regadío es el tomate; la ganadería ovina y bovina ya que se dispone de pastos permanentes así

como la industria de alimentación seguida del corcho, por las especies arbóreas con que cuenta el municipio, la madera, la metalurgia, el papel y las artes gráficas. Esta zona rural ha entrado a formar parte de un Programa de desarrollo sostenible desde 2010 a 2014 para su revitalización (2).

La localidad tuvo asentamientos prehistóricos como lo demuestra la zona arqueológica.

Loma de la Galera, declarada Bien de Interés Cultural en 25 de mayo de 1993 (3), por localizarse en una loma una importante necrópolis megalítica. Se distinguen en ella otros importantes enclaves como el **Castillo de los Castillejos**, que se yergue sobre un montículo al pie del Cerro Milano, que constituye un modelo de fortaleza rural de retaguardia árabe que fue construido entre 1275 y 1325 (4). Fue declarado Bien de Interés Cultural, con categoría de Monumento en 25 de junio de 1985, según lo dispuesto en el artículo 15, punto 1 de la Ley 13/1985 de Patrimonio Histórico Español (5). Por último es destacable **La Puente**, de origen romano construido sobre la rambla del río Huéchar, que se utilizaba para el transporte agrícola y minero de los yacimientos de la Sierra de Gádor y que en época de Carlos III se reconstruyó estando estructurado en dos cuerpos, el primero sobre el cauce del río está conformado por un arco de medio punto y el segundo está compuesto por tres arcos siendo el central de mayor tamaño que los laterales. En el interior del vano central del segundo cuerpo destacan unas prominentes impostas y cuatro plintos contrafuertes rematados por bolas en su interior. En uno de sus frentes destaca la inscripción 2 de agosto de 1807. Ha sido restaurado entre 2004 y 2007 (Figura 2).



Figura 2. La Puente.

El 6 de diciembre se celebra la fiesta de San Nicolás de Bari y el 8 de diciembre la de la Inmaculada Concepción de la Virgen, ambos constituyen los patronos de la localidad. A los nacidos en la localidad se les conoce con el gentilicio de alhameños y entre los productos gastronómicos típicos se hallan en invierno las migas de pan, en verano los gazpachos, durante todo el año el ajo blanco y al iniciarse el periodo de Cuaresma unos dulces conocidos con el nombre de *papaviejos*. Los habitantes de Alhama de Almería se caracterizan por el apego a su tierra, por su carácter liberal, cultivan un ambiente literario, musical y artístico.

2.1. Personalidades alhameñas

Entre las figuras sobresalientes naturales de Alhama de Almería hay que distinguir, entre otros, a las siguientes personalidades:

- José Artes de Arcos (1893-1985) ingeniero industrial, inventor y empresario. Muchos años de su vida transcurrieron en Barcelona pero regresó a Almería donando un espléndido retablo para la iglesia parroquial, recuperando el Balneario y realizando varios sondeos hídricos consiguiendo un aumento notable del caudal de aguas termales. Se le dedicó, en su recuerdo, una de las calles principales. (Figura 3).



Figura 3. José Artes de Arcos.

- José Moncada Calvache (1893-1988) Pintor que se formó en la Academia de Bellas Artes de Almería y después en Madrid. Se instaló en Alhama de Almería en los primeros años de la década de los sesenta fundando la Escuela alhameña de pintura. Una calle de la localidad lleva su nombre y en 1981 el Ayuntamiento le nombró hijo adoptivo.

- José Ibáñez Salmerón (1866-1919) y Manuel Rodríguez López (1853-1919). Ambos médicos que ejercían su profesión en Alhama de Almería atendiendo a sus

pacientes durante la epidemia de gripe en 1919. Se contagiaron, enfermaron y fallecieron de esta enfermedad con un solo día de diferencia, en 11 y 10 de marzo respectivamente. Una placa de mármol, ubicada en el Ayuntamiento, recuerda la entrega y dedicación de estos facultativos.

- Nicolás Salmerón Alonso (1837-1908). Proyectó las ideas del krausismo en la política española e intentó encauzar el republicanismo de finales del siglo XIX y principios del XX por la senda del parlamentarismo. El Sexenio Democrático le deparó el mejor momento de su vida política al acceder a la presidencia del poder ejecutivo de la Primera República Española. Era de salud precaria y le gustaba aprovechar sus vacaciones para ir al Balneario de su tierra natal, motivo por el que se construyó una villa (6). Una Avenida y la Biblioteca Pública Municipal recuerdan su nombre (Figura 4).



Figura 4. Monumento a Nicolás Salmerón Alonso.

3. EL ENTORNO

En el entorno del Balneario destacan un patrimonio arqueológico de gran interés así como una riqueza paisajística de gran variedad y de distinta belleza.

3.1. Patrimonio arqueológico

Las Cuevas de Los Millares fueron descubiertas en 1891, a raíz de la construcción del ferrocarril Almería-Linares. Se trata del yacimiento arqueológico más

importante de la Edad del Cobre de toda Europa, fechado entre 2700 y 1800 años antes de Cristo. Declarado Monumento histórico artístico en 1931 (7), desde 1996 está catalogado como Bien de Interés Cultural como Patrimonio Inmueble de Andalucía (8).

Está situado en Santa Fe de Mondújar, sobre una plataforma amesetada, en la confluencia del río Huécar con el río Andarax. Destacan los **tholos**, tipo de sepultura autóctono, cuya estructura interior se compone de un atrio de acceso, un corredor y una cámara circular en la que se depositaban los cadáveres indicando los ajuares el *status* social de los fallecidos. Las paredes están recubiertas de piedras y toda la estructura se cubre con un túmulo de tierra. El yacimiento también es característico por tratarse de un recinto amurallado que contaba con un imponente sistema de fortificación: cuatro murallas de gran altura que contaban con torreones, puertas y fortines (9).

3.2. La Sierra de Gádor

Es un macizo montañoso situado en el extremo suroccidental de la provincia de Almería perteneciente a la cordillera Penibética, en el increíble paisaje de sus pueblos, con casas encaladas y calles estrechas, del más puro sabor árabe, se alternan los diferentes cultivos agrícolas en bancales. Alberga la sierra una de las mayores poblaciones de aguilera perdicera de la península ibérica así como aves tales como el águila real, la tarabilla común, el búho real, el vencejo real, el halcón peregrino y el cuervo real. Entre los mamíferos se encuentran la cabra montesa, el jabalí, la jineta, el tejón, el hurón y el zorro.

3.3. Los Parajes Naturales

El Desierto de Tabernas y Sierra Alhamilla fueron declarados en 1989 Parajes Naturales protegidos de Andalucía (10).

El desierto de Tabernas está situado al norte de Almería capital y está considerado como la única zona desértica propiamente dicha de todo el continente europeo. De gran interés geológico y paisajístico, este desierto llamó la atención de importantes directores para el rodaje de películas del Oeste principalmente en la década de los años sesenta y setenta del siglo pasado y como consecuencia fue conocido como "El Hollywood europeo" llegándose a rodar películas destacadas como "Lawrence de Arabia" (1962) y "Cleopatra" (1970) en las que intervinieron los más grandes actores de todos los tiempos. Aún se conservan en algunas partes del desierto decorados pertenecientes a algunos de los rodajes que se llevaron a cabo aunque gran parte han desaparecido.

En este desierto se conservan especies faunísticas y botánicas de gran rareza, únicas en el continente europeo e incluso en el mundo. Entre las aves destacan: el abejaruco, la grajilla, el vencejo real, las garzas, y aves esteparias como alcaravanes, sisonos y ortegas. En las ramblas del desierto habitan la rana común, la lagartija colirroja, el lagarto ocelado, la culebra de escalera, la tortuga mora y dos especies de erizos: el moruno y el común.

Entre las especies vegetales se desarrollan la salicornia, la chumbera, el esparto, el taray, la retama, la adelfa, la higuera, plantas aromáticas como tomillo y artemisa; las siemprevivas, las plantas barrilleras la jarrilla blanca almerienses, endemismo provincial, y las crucíferas *Moricandia foetida*, collejón, y *Euzomodendron bourgaeum*, esta última es un endemismo propio del desierto de Tabernas.

Sierra Alhamilla es un sistema montañoso perteneciente a las Cordillera Penibética, cerca del litoral, y constituye un privilegiado observatorio natural desde donde se puede divisar gran parte de la provincia de Almería. es un oasis boscoso formado de encinar y pino carrasco, se puede decir que es una isla verde que alberga uno de los encinares relícticos más antiguos de toda España así como dos especies emblemáticas de la fauna almeriense: la alondra de Dupont y el camachuelo trompetero.

3.4. El Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar

El Parque se ubica en el extremo suroriental de la Península Ibérica, ocupando parte de tres términos municipales de la provincia de Almería la totalidad de los términos de Almería, Carboneras, Níjar y una muy pequeña parte del municipio de Sorbas. Fue declarado Parque Natural por Decreto 314/1987, de 23 de diciembre (11), por reunir una enorme riqueza geológica, ecológica, histórica, antropológica y paisajística. Tanto el espacio terrestre como el marítimo se han mantenido prácticamente vírgenes debido a la escasa densidad poblacional de esta región tan árida y al respeto a los usos tradicionales del medio.

Cuenta con más de 1000 especies vegetales exclusivas: palmito y cornical que escalan las abruptas laderas volcánicas, densas formaciones de esparto, romero y azufaios tapizan las llanuras, numerosas plantas halófilas, miles de margaritas de mar tiñen los acantilados, extensa praderas de *Posidonea oceánica* constituye auténticos bosques sumergidos. En cuanto a la fauna, al igual que pasa con la flora, muchas especies son endemismos locales, numerosos insectos: saltamontes, mariposas, libélulas y escarabajos; muchísimas aves: ánades, avocetas, cigüeñas, fochas, flamencos y somormujos. El fondo marino con diversas especies de algas, falsos corales, cangrejos, pulpos y gran variedad de peces, entre los que resalta el mero.

Se encuentran en el parque numerosos cortijos abandonados, norias, aljibes, molinos y factorías de salazón de pescado y púrpura que son testimonio de una cultura del pasado, en concreto estos últimos son el testimonio del paso de fenicios y romanos que explotaron la abundante pesca del litoral; Los sistemas de regadío, la artesanía y las torres de vigilancia que jalonan la costa son fiel reflejo de la huella árabe que se imprimió en estos lugares. Las manifestaciones populares andaluzas están patentes en la cerámica de Níjar, las coloridas jarapas obtenidas de tejidos usados y los trabajos realizados con esparto; así como la joyería utilizando los recursos auríferos de origen volcánico de esta región.

La calidad de las aguas de sus excelentes playas y el clima benigno de la zona hace posible realizar buceo y diversas excursiones marítimas; además se pueden llevar a cabo rutas de senderismo, rutas ecuestres, cicloturismo, etc. además de disfrutar de la impresionante belleza de los paisajes, bien sean playas, acantilados, zonas verdes o zonas áridas que ofrece este entorno privilegiado.

4. EL BALNEARIO SAN NICOLAS DE ALHAMA DE ALMERÍA

No cabe duda que las aguas minero-medicinales de esta población fueron utilizadas por los romanos pues en las instalaciones balneoterápicas actuales se conserva una gran bañera de mármol blanco del siglo III antes de Cristo (Figura 5). Asimismo estas aguas fueron usadas con el mismo fin por los árabes ya que el topónimo Alhama deriva de la voz Al-Hama que significa "agua divina" o "agua de Alá" porque sus aguas, de propiedades curativas, se hallaban en terrenos de un alquería de la Tahá de Marchena que pertenecía a la familia de Yahya al Nayar y que, tras la capitulación del río Andarax en 1489 le fue donado como Señorío, una vez se convirtió al cristianismo con el nombre de Pedro Granada Venegas. Se sabe por Juan Bautista Solsona que los baños árabes estaban ubicados al pie del Monte Milano (12)

La historiadora Carmen Amate hace referencia a los cambios de nombre que sufrió la población debido a diversas circunstancias (13). En el siglo XIII el arzobispo toledano Rodrigo Giménez de Rada otorgó a la población el nombre de Alhama de Almería y con este nombre o el de Alhama de Marchena se ha conocido indistintamente a la localidad hasta que debido al terremoto que tuvo su epicentro en ella en 22 de septiembre de 1522 se secó la Fuente de la Fe ó Fuente Vieja de la que se surtían de agua los baños y por ello la localidad pasó a ser conocida como "Alhama la Seca" hasta finales del siglo XIX quedando los baños cerrados. En 1781 los baños volvieron a ponerse en funcionamiento, gestionados por la Hermandad de las Ánimas contando con dos balsas pequeñas construidas para tal fin. La primera desamortización de Godoy, iniciada en 1798, privó a la Hermandad de la propiedad.



Figura 5. Bañera de origen romano.

En 11 de mayo de 1874 la pujante burguesía local, gracias a involucrarse en negocios vitivinícolas y mineros, constituyó la Sociedad de Baños de San Nicolás, que contaba con 160 accionistas, que se repartían 400 acciones con el fin de costear la construcción y explotación del Balneario que finalmente fue abierto en 1877 y que se convirtió en el principal punto de vida social del municipio.

En 1880, en la *Gaceta de Madrid* se publicaba una Real Orden del Real Consejo de Sanidad resolviendo que en adelante la localidad fuera conocida con el nombre de Alhama de Almería.

En 1918, al descubrirse un caudal de aguas en la Fuente de los Olivillos o Fuente Nueva, se secó totalmente la Fuente Vieja y, por tanto, el caudal del que se surtía el Balneario; creándose un conflicto entre los miembros de la Sociedad de Baños de San Nicolás y la Sociedad Fuente de los "Olivillos" (Figura 6). El 6 de agosto de ese año se reunieron los Presidentes de ambas Sociedades, los Sres. Francisco López Ruano y Manuel Pérez Rodríguez con el Gobernador Civil de Almería, los médicos del lugar, el Inspector Provincial de Sanidad, Gabriel Ferret y Obrador, con el Alcalde de la localidad, Antonio Delgado Rodríguez, y el médico Director del Balneario, Juan Company Jiménez, se acordó que se restableciera el agua al Balneario ante la petición de este último para que "la salud pública está por encima de todos los intereses" y que se sometieran ambas sociedades al arbitrio del Gobernador (14). El problema se presentaría de nuevo en 1924 solucionándose entonces mediante una disposición del Gobernador Civil de Almería de 27 de diciembre de 1924 mediante la cual las aguas frías de la Fuente Vieja y las sobrantes del Balneario se destinaban a las necesidades de la población procediéndose por el ingeniero jefe del Ayuntamiento al cerramiento hidráulico del manantial.



Fuente del balneario de San Nicolás (Alhama de Almería) a principios del siglo XX.
Fotógrafo desconocido, colección particular familia Barquero Artés. Fuente: AMATE (2007: 369)

Figura 6. El Balneario de San Nicolás a principios del siglo XX.

Entre los miembros de la Sociedad de Baños de San Nicolás se encontraban los hermanos Francisco y Nicolás Salmerón Alonso y los vecinos de Alhama de Almería quisieron rendir homenaje a este último solicitando el cambio de denominación de la localidad por Alhama de Salmerón lo que obtuvieron por Orden del Ministerio de la Gobernación de 26 de octubre de 1932 (15).

La Guerra Civil puso fin, una vez más, a este emblemático establecimiento Balneario, terminada la contienda el municipio solicitó el cambio de denominación de la localidad para que en lo sucesivo se denominara Alhama de Almería lo que fue aprobado por Orden del Ministerio de la Gobernación de 8 de febrero de 1941 (16).

4.1. La Propiedad y la Declaración de Utilidad Pública

Entre los alhameños Tomás Martínez Hurtado, que en 1873 ostentó el cargo de Alcalde de Alhama de Almería, fue administrador del Balneario en 1878 y 1880; Nicolás Iborra y Compañía, instruyó en 1874 los trámites para la explotación de las aguas del Balneario, encargando al "ilustrado" farmacéutico Gil Ramón Rodríguez, que se hallaba establecido con "excelente botica" en la población, según afirmaba el médico Director del Balneario, Ildefonso Otón y Parreño en 1878; que realizara los análisis químicos lo cual llevó a efecto el farmacéutico e incluso posteriormente en 1893 hizo una publicación bajo el título "MEMORIA sobre las aguas minerales de ALHAMA DE ALMERIA" (17), consiguiéndose por Real Orden de 16 de mayo de 1877

que se declarasen las aguas de Alhama de la Seca "como de utilidad pública", aprobándolas como termo-acídulo-bicarbonatadas y señalando como temporada oficial para las mismas: la primera desde el 15 de abril a 30 de junio; y la segunda desde 1 de septiembre a 31 de octubre (18).

Nicolás Iborra Rodríguez, que fue Alcalde de la localidad, fue presidente de la Sociedad propietaria del Balneario y consta como su representante en entre los años 1887 y 1890. En 1897 figuraban como propietarios los herederos de Nicolás Luque Chacón. En 1907 Antonio Vázquez era el administrador del balneario y en 1918 figuraba como Presidente de la Sociedad propietaria Francisco López Ruano.

En 1928 fue confirmada la utilidad pública de las aguas minero-medicinales de Alhama de Almería por el Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero-medicinales de 1928 (19).

En 1971 se ocasionó una disminución importante del agua durante la campaña de riegos en los campos de Alhama de Almería y también del agua termal, el problema se solucionó para el Balneario gracias a la intervención de José Artes de Arcos quien adquirió todos los derechos para la búsqueda y explotación del agua termal. En el año 1982 el Balneario fue arrendado a la sociedad gestora Alhameña Hostelería S.L. En 26 de noviembre de este año Juan Ponz Marín, Jefe de Servicio en la Dirección General de Sanidad de Salud Pública en el Ministerio de Sanidad y Consumo notificaba al Ministerio de Industria y Energía el hecho de no existir inconveniente en que las aguas del Balneario San Nicolás fueran calificadas como minero-medicinales.

En 1986 el Balneario fue adquirido por José Morcillo Martínez y en la actualidad ocupa un edificio, en el mismo casco urbano, situado entre la calle Baños, donde se ubica la entrada, y el Paseo de Paco Molina que da a una gran plaza, rodeada de altas palmeras, y una gran fuente. El agua minero-medicinal del Balneario se capta del pozo "El Sillero", llamado así porque en junio de 1848 Cristóbal Cortés López, de oficio sillero, se asoció con otros vecinos para realizar un pozo en el corral de su casa para la explotación del agua termal, de raíces milenarias, gracias al cual se impulsó la vida del pueblo que hasta entonces gozaba tan solo de una economía agrícola (20). El pozo está situado en la Avenida Nicolás Salmerón a 200 metros de profundidad y a 300 metros de distancia del Balneario y el agua termal se bombea desde él hasta la galería de baños del Balneario.

Se dice en algunos escritos que la época de mayor esplendor del Balneario fue la comprendida en los años veinte del siglo pasado pues en los años treinta se inició una lenta agonía debido a la paulatina reducción del caudal de las aguas termales y a la guerra civil ya que fue vendido y convertido por Falange Española en un centro de formación de espíritu nacional destruyéndose las instalaciones del Balneario para crear en su lugar unas instalaciones deportivas.

4.2. Composición de las aguas termales

El Dr. Juan Bautista Solsona, primer médico honorario los Reales Ejércitos se ocupaba en 1824 del análisis físico-químico de las aguas medicinales de Alhama la Seca, entonces pertenecientes al Arzobispado de Granada, que decía bajaban despeñadas desde las entrañas del cerro Milano en dos manantiales cuyas cualidades físicas eran: insípidas pero que cuando se enfriaban tenían un sabor "algo térreo y estíptico (...) quedando muy cristalina y buena para beber y cocer las legumbres". El de la derecha emergía a 35º Reaumur y el de la izquierda a 31º Reaumur. En su composición química había detectado como sustancias fijas: hidrocloreto de magnesio, cloruro sódico, sulfato de magnesio, sulfato cálcico y sílice; y como sustancias volátiles: ácido carbónico. Califica las aguas como termales y saladas (21).

Pascual Madoz, en 1846, citaba dos nacimientos de agua diferentes al pie del cerro Milano "que luego se unen, el uno con dos partes de agua en extremo caliente, y el otro con una tercera fría, y juntos forman un agua termal acídula fría" (22).

Las aguas minero-medicinales del Balneario de San Nicolás desde un principio se consideraron bicarbonatadas cálcicas, variedad ferruginosa aunque el médico Director del Balneario, Ildefonso Otón Parreño, señalaba en 1884 que según su criterio debían considerarse como bicarbonatado cálcicas fosfatadas, variedad ferruginosa. De esta última opinión eran Enrique Doz Gómez y Arturo Builla Alegre pues en 1887 si bien incluyen estas aguas entre las bicarbonatado-cálcicas afirmaban que "se consideran como bicarbonatadas cálcicas, variedad ferruginosa con abundantes fosfatos (23). Anastasio García López citaba que en la Fuente de la Fé la temperatura del agua, tanto en el punto de emergencia como en los baños, era de 46ºC y calificaba las aguas como bicarbonatadas cálcicas, variedad ferruginosa y fosfatada (24). En 1894 el médico Director del Balneario Benito Minagorre Cubero hacía referencia a la clasificación de las aguas, según el Anuario Oficial, como termales, bicarbonatadas, cálcicas, fosfatadas, litínicas, y ferruginosas; clasificación que figura también en la Guía Oficial de las aguas minero-medicinales y establecimientos balnearios de España de 1907 (25). En la obra Crenoterapia española de Gilbert y Carnot, publicada en 1915 (26) y en la Guía oficial de los establecimientos balnearios y aguas medicinales de España de 1927 (27). Sin embargo, en 1918 Pedro Manaut si bien las incluía entre las aguas bicarbonatadas cálcicas, las consideraba como variedad "ferruginosas acídulo-gaseosas" (28). En 1945 San Román Rouger clasificaba las aguas como bicarbonatadas cálcicas (29) mientras que el Dr. Oliver tras practicar en 1979 un análisis de las aguas, tomadas a pie de manantial, manifestó que eran lípidas, incoloras, inodoras, de sabor acídulo, marcadamente estíptico, brotaban a 45,7º C., su pH era de 7,08; y las tenía por bicarbonatadas, sulfatadas, cálcicas, magnésicas, conteniendo además silicato de hierro (30). En la actualidad se

consideran como bicarbonatadas, cálcicas, magnésicas, ferruginosas y radiactivas (31).

4.3. Instalaciones

Son pocos los vestigios de los Baños de Alhama de Almería de la época romana y árabe. Noticias más concretas las hay desde el siglo XVI ya que, según el Libro de Apeos y Repoblación de 1573 existía un baño junto al manantial y una casita se construyó en 1594. En el siglo XVIII la Hermandad de las Ánimas construyó dos balsas de piedra, posteriormente la Sociedad de Baños de San Nicolás construyó en 1874 un edificio con forma de paralelogramo que, aunque no estaba totalmente terminado, tenía departamentos separados para el baño de hombres y mujeres, en la planta baja se hallaba situado el baño; y en la planta alta se encontraban las habitaciones para los bañistas. El edificio abrió sus puertas en 1877 iniciándose una segunda fase de reconstrucción en que se dotó al balneario de tres galerías de baños la primera con pilas de mármol blanco y mobiliario "verdaderamente lujoso", dotándose a la segunda de piscinas y 4 bancos, ambos de piedra, y la tercera con piscina con asiento. En el centro un patio cuadrado con corredores daba a un salón con piano, sillas, divanes, espejos, mesas de mármol. El agua se captaba en su origen y se bombeaba hasta la galería de baños vertiéndose el sobrante en un gran estanque descubierto, contiguo al establecimiento (32).

En 1883 se instalaron baños de vapor y duchas, en 1885 hubo terremotos pero el edificio balneario no se resintió en absoluto y además hubo un aumento considerable en el caudal del agua y en su temperatura que ascendió a 48,9º C (33).

En 1887 el Médico Director recomendaba a la propiedad efectuar una serie de reformas en el balneario que consideraba fundamentales como eran: elevar un piso en el edificio para poder hospedar a más bañistas, cubrir la galería acristalada en favor de los la salud de los bañistas, mejorar la conducción del agua termal y los depósitos y construir una fuente para que los bañistas pudieran beber el agua termal (34).

En 1888 el establecimiento balneario ya contaba con estación telegráfica, hubo entre el 6 y el 7 de septiembre una gran tormenta pero no afectó ni al caudal del agua ni al balneario. El Médico Director insistió por segunda vez en la necesidad de realizar las reformas que ya había indicado el año anterior pero que la propiedad no había realizado por carecer de recursos económicos (35).

En 1889 la propiedad realizó algunas mejoras pues cerró los corredores, amuebló habitaciones, instaló un baño de asiento con hidromasaje, mejoró las duchas, al *vaporarium* lo dotó de un cuarto para la sudoración y el reposo así como puso un gabinete para que los bañistas pudieran vestirse y desnudarse (36). En 1890 entre las

mejoras se contó con la instalación de 4 pilas de mármol y 9 piscinas: 4 para señoras, 4 para caballeros y 1 para pobres (37).

En 1894 el Médico-director alababa el balneario porque podía "presentarse como modelo" aunque no obstante, aconsejaba llevar a cabo algunas mejoras como las exigidas en años anteriores: elevar un cuerpo el edificio para hospedaje, construir un depósito para enfriar las aguas; y otras como reparar el mobiliario (38). En 1895 se instalaron magníficas pilas de mármol de Macael (Almería), baños portátiles para los enfermos impedidos, duchas verticales y horizontales así como para uso vaginal, perineal y lumbar. Ya se contaba en esta fecha con teléfono, correo postal diario, carretera y vía férrea de Linares a Almería (39). En 1907 ya tenía alumbrado eléctrico y billar y en 1927 adoptó el nombre de Balneario de San Nicolás, en honor del patrón de la localidad.

El Balneario dispuso de hospedería para los bañistas contando en 1878 con 9 habitaciones, aunque los bañistas podían optar por hospedarse en un fonda que existía enfrente del Balneario en la misma calle, a unos 100 metros; o en casas particulares. En 1880 el Balneario tenía 26 habitaciones y en 1927 alquilaba habitaciones que estaban provistas de cocina, despensa y dormitorio.



Figura 7. El Balneario de San Nicolás en la actualidad.

El edificio del Balneario fue reemplazado por otro en el año 1952, la denominación que ostenta hoy día es la de "Hotel Balneario de San Nicolás", tras las obras de rehabilitación efectuadas en el año 2002, es de tres estrellas, consta de 86 habitaciones muy amplias y confortables, con calefacción y aire acondicionado para el bienestar de los bañistas, disponen de minibar, teléfono y televisión (Figura 7).

También hay dos habitaciones especialmente adaptadas para minusválidos. Dispone de un restaurante-comedor con dos salones en los cuales se ofrece desayuno, comida y cena tipo *buffet*, a base de platos típicos de la Alpujarra así como platos específicos para determinadas dietas alimenticias. También tiene una cafetería, salones de recreo para la lectura, una magnífica galería acristalada desde la que se contempla un magnífico panorama de la Sierra de Gádor, un jardín central, de planta cuadrada, alrededor del cual se encuentran dispuestas las habitaciones así como de una amplia capilla en la que están presentes las imágenes de San Nicolás de Bari y de la Virgen de Montserrat, debido a la sentida devoción de José Artes de Arcos.

Los pasillos son muy amplios y están decorados en la parte inferior con hermosos azulejos conservándose todavía en la plantas inferiores los antiguos (Figura 8) mientras que en la última planta son de factura moderna. En estas zonas de paso se han empleado en la decoración los cabeceros de las camas antiguas que son de madera rústica y tienen tallado a la derecha un racimo de uvas y a la izquierda un sol, aludiendo a la riqueza agrícola de la población que además goza de un microclima excepcional con noches frescas en verano.



Figura 8. Pasillo con azulejos y patio interior del Balneario de San Nicolás.

El Hotel Balneario dispone de plazas de garaje en un local situado enfrente de su entrada. El numeroso personal atiende amablemente las necesidades de los bañistas y que, desde los años 90 del siglo pasado, cubre los aspectos de información

turística y de animación para el divertimento de los agüistas. Dicho personal se compone de las siguientes personas:

- Director gerente: José Morcillo Martínez.
- Administración: Rosalía Artes López.
- Recepción: María del Mar Candelario Ayala, Almudena Pelayo Guil y Óscar Pascual López.
- Reservas: Sonia Martínez Tortosa.
- Mantenimiento: José Antonio López Giménez.

4.4. Médicos-Directores del Balneario

El Director-Médico de este Balneario tenía desde el primer momento su Departamento que constaba de mesa, sillón, sillas para los bañistas que acudían a la consulta, dormitorio, sala y cocina espaciosa. Normalmente los balnearios se hallaban servidos por Médicos del Cuerpo de Baños pero Alhama de Almería tuvo frecuentemente esta

plaza vacante sobre todo en el siglo pasado. La legislación permitía en estos casos que la propiedad contratara a Licenciados en Medicina que tuvieran aprobadas las asignaturas de Análisis Químico e Hidrología Médica", a médicos interinos, a médicos habilitados o bien a un médico, con residencia en la misma población.

La relación de Directores Médicos que sigue comprende los años del desempeño del cargo y su lugar de residencia fuera de temporada:

1877-1881: Ildefonso Otón Parreño.....Sevilla.

1882: Francisco Páez y Escalera, interino.

1883-1886: Ildefonso Otón Parreño.

1887: Jerónimo Cobos de la Cal, interino.

1888-1890: Santiago García Fernández.....Almería.

1891-1892: Benito Minagorre Cubero, supernumerario.....Guadix.

1894-1895: Benito Minagorre Cubero.

1897: José López Ruíz / Pedro Tena Avella.

1899: Ramón Antonio Armada.

1901: Manuel Rodríguez López, interino.

1901-1902: Juan Company Jiménez, médico titular de Alhama hasta 1918.

1903: Cristóbal Rodríguez, interino.

1905: Enrique Doz Gómez.

1906-1907, 1914: Juan Company Jiménez, habilitado Alhama de Almería.

1915: José Manzano..... Alhama de Almería.

1916, 1918, 1920: Juan Company Jiménez, habilitado.

1923: Francisco Casado Osoain, interino.

1994-2005: Carmen Martínez Tortosa.

2006-2009: José Morcillo Escudero.

2009-2010: Euclides Muñoz Pérez.

2011-2015: Agustín González Escalante.

2010 a la actualidad: Galyna Marchenko.

Entre los médicos citados realizamos un pequeño esbozo biográfico de los más significativos, entre los que se distinguieron Company, Minagorre y Otón por los años de su ejercicio en este balneario.

- Juan Company Jiménez (Figura 9) que, aunque no era natural de Alhama de Almería, sí tenía familia de su ascendiente paterno en Alhama de Almería (1877-1951). Estudió Medicina en Granada y finalizó sus estudios en Barcelona. En 1901 fue nombrado médico titular de Alhama de Almería y se casó con una alhameña en 1903. Se trasladó a Almería en 1918, secretario del Colegio de Médicos, colaboró en la revista corporativa, en 1925 fue nombrado Vocal de la Junta Provincial antituberculosa, republicano y masón, en 1931 fue elegido parlamentario por la Conjunción de Partidos de Izquierda Republicana, en marzo de 1939 se exilió en Orán (Argelia) y de allí pasó a Méjico. Regresó a España en 1949 pero no se le permitió volver a Almería ni colegiarse por lo que se fue a vivir a Benicalap (Valencia) junto a uno de sus hijos que regentaba una farmacia (40).



Figura 9. D. Juan Company Jiménez.

- Enrique Doz Gómez, que aunque ejerció poco tiempo en el Balneario pues escribió un artículo Sobre la "Duración del tratamiento hidrológico" en 1905 cuando ejercía en Alhama de Almería señalando que los médicos de cabecera debían insistir "en la necesidad de prolongar los tratamientos hidrológicos lo necesario (...) y procurar que en los Balnearios haya medios económicos de alojamiento y de aplicación de las aguas (...) aumentando el crédito de las aguas y, por tanto, la concurrencia" con la rebaja de las tarifas dando "cierta elasticidad á los precios de los servicios" (41).

- Santiago García Fernández , Licenciado en Medicina en 1878 en Madrid, en 1886 fundó el primer gabinete público de técnica microscópica y bacteriológica. Nombrado, por oposición, Médico-Director de Baños en 1887. Murió el 28 de mayo de 1903 (42).

- Benito Minagorre y Cubero, Licenciado y Doctor en Medicina en Granada en 1879, escribió un amplio artículo en 1895 sobre las aguas de Alhama de Almería con el propósito de "dar noticia à la clase médica de una fuente medicinal que, por su corta historia, no es aún conocida todo cuanto merece por la bondad de sus aguas" (43).

- Ildefonso, Gregorio, José María de la Santísima Trinidad Otón Parreño nació en Posadas (Sevilla) en 1843, Licenciado y Doctor en Medicina en Sevilla en 1874. Ganó el concurso de Médico de Baños en 1874 y fue destinado a Alhama de Almería, por tanto fue el primer médico oficial del establecimiento. Fundador de la Sociedad Española de Hidrología Médica y Vocal de la Comisión de Publicaciones. En 1885 prestó servicios en Alhama de Almería durante la epidemia cólica y aunque se contagió superó la enfermedad. Murió en el mes de diciembre de 1912 (44, 45).

El Balneario tiene hoy día a su servicio a un amplio personal sanitario que atienden a los bañistas en los diferentes departamentos:

Recepción de los Baños: Manuel Jesús Martínez Sonera.

Fisioterapeuta: Nuria Góngora Viciano.

Zona de Bañeras, Duchas y Piscina dinámica: Jesús Solvas Morcillo, Marga Viciano Salvador y Belén Cortes Rodríguez.

Zona de parafangos y parafinas: Nieves Miralles Márquez

Zona de respiratorio: Manuela Ordoño Garbin.

Esteticista: Isa Korobko.

El servicio médico y de fisioterapia es gratuito.

4.5. Indicaciones terapéuticas, Temporada oficial y Termalismo

En el siglo XVIII Gómez de Bedoya comentaba que el médico Francisco Ortiz y el farmacéutico Juan de Olivares ya comentaban en su "Disertación" que las aguas de Alhama la Seca hacían "provechosísimos efectos, tomadas con methodo en baño, o en bebida, para todas las enfermedades" (46). En el siglo XIX Solsona decía que las tenía "por útiles en las acrimonias y debilidades, como reumatismos, perlesias y demas indisposiciones reveldes" y también las recomendaba "en los dolores cólicos y dolores de estomago porfiados" (47). Madoz refiere que se trata de un agua que "obra muy buenos efectos: se toma en baños en una casita, con una balsa construida al intento" (48). En esta centuria se utilizó el agua del balneario por vía tópica para la cura del reumatismo muscular o articular, lo que constituía una verdadera especialización en cuanto a la acción terapéutica de estas aguas así como para mejorar las neuralgias, neurosis, ciáticas y parálisis; por vía oral en bebida para gastralgias y dispepsias. Más explícito era Benito Minagorre Cubero, el Médico-Director del Balneario, al considerar que las aplicaciones terapéuticas de estas aguas corregían diversas enfermedades como : a) anomalías de la nutrición como obesidad, diabetes sacarina, raquitismo y osteomelacia; b) alteraciones de la sangre como anematosis, leucemia y ademia; c) enfermedades infectivas como reumatismo y escrofulismo y d) enfermedades localizadas como las del aparato nerviosos y aparato circulatorio (49). En el siglo XX la indicación terapéutica más destacada, según el profesor Armijo, era, en forma de aplicaciones hidroterápicas, en el tratamiento de procesos reumáticos crónicos: gota, traumatismos osteo-articulares y musculares, curas rehabilitadoras de afecciones del aparato locomotor y neurológicas, sedantes y antiálgicas, mejorando la circulación periférica (50).

Hoy en día se recomiendan para afecciones del aparato locomotor como procesos reumatológicos, artritis, gota, tendinitis y contracturas musculares así como para afecciones del aparato respiratorio de tipo crónico tanto de vías altas como de vías bajas y afecciones del sistema nervioso (51). Actualmente, el balneario ofrece tratamientos gimnásticos y de estética a los agüistas (Figura 10).

En cuanto a la duración del tratamiento hidroterápico Enrique Doz, Director-Médico del Balneario en 1905, recomendaba a los médicos de cabecera que debían insistir "en la necesidad de prolongar los tratamientos hidrológicos lo necesario (...) y procurar que en los Balnearios haya medios económicos de alojamiento y de aplicación de las aguas (...) aumentando el crédito de las aguas y, por tanto, la concurrencia" con la rebaja de las tarifas dando "cierta elasticidad á los precios de los servicios" beneficiando así a los pobres que acudían a los balnearios (52).

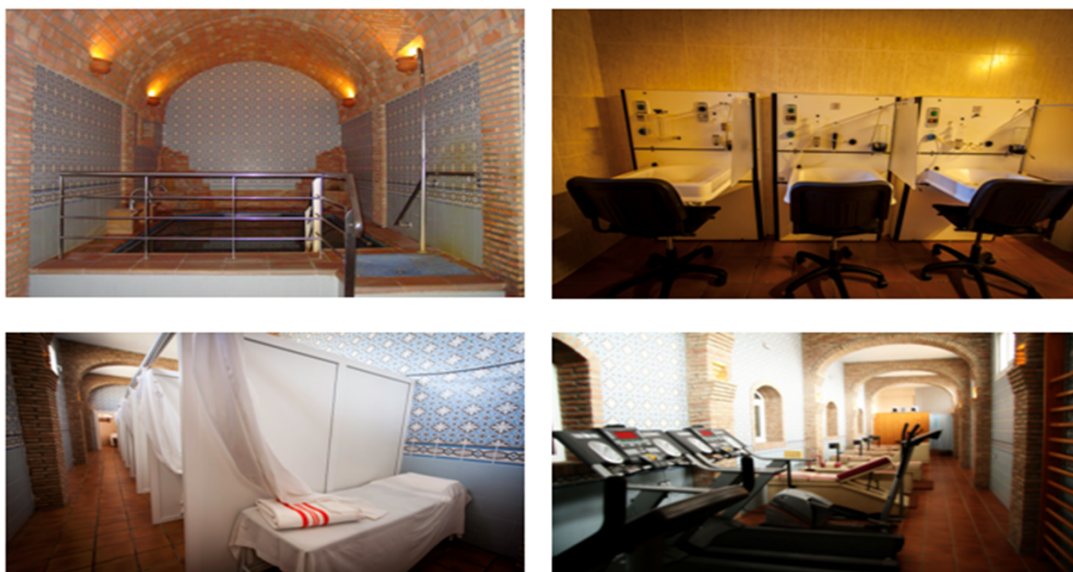


Figura 10. Instalaciones para el tratamiento del Balneario de San Nicolás.

El Balneario tuvo dos temporadas oficiales desde un principio que discurrían la primera desde el 15 de abril hasta el 30 de junio y la segunda desde el 1 de septiembre hasta el 31 de octubre; no obstante la primera temporada desde 1881 hasta el siglo XX se prolongó desde el 1 de mayo hasta el 30 de junio.

La concurrencia al Balneario en un principio se vio reducida en un principio a los enfermos de los lugares próximos observándose que los labradores acudían más en la primera temporada mientras que en la segunda temporada lo hacían las personas de clase acomodada de Almería y pueblos circundantes. Entre los visitantes ilustres en el siglo XIX el Balneario contó con el Dr. Melchor Sánchez de Toca y Sánchez Lobera, marqués de Toca, que era un eminente cirujano, Catedrático de la Facultad de Medicina de la Universidad Central, Académico de Número de la Real Academia de Medicina y Médico de la Real Cámara de Isabel II. En 1928 visitó el Balneario el Dr. Gregorio Marañón y Posadillo junto a otros médicos.

La concurrencia que en los primeros años era cercana a 500 agüistas pero descendió considerablemente en los último años del siglo XIX y primeros años del siglo XX. Llama poderosamente la atención que en 1897 se contabilizaran 46 individuos de tropa entre los bañistas, sin duda se trataba de soldados, de extracción humilde, de las filas del ejército español que regresaban de Filipinas donde habían luchado para tratar de evitar la independencia de esta isla que pertenecía al imperio colonial español.

Hoy día se han concedido 2205 plazas para el programa de Termalismo social que se pueden disfrutar durante 2016 desde el mes de febrero hasta el de diciembre para pacientes que sufran afecciones reumáticas y respiratorias (53).

4.6. Agradecimientos

Tenemos que agradecer vivamente las facilidades dadas para la realización de este estudio por D. José Morcillo, Director-gerente del Balneario San Nicolás, así como por la documentación que nos aportó. Asimismo nuestro profundo agradecimiento a todo el personal de las Bibliotecas de Farmacia y Medicina de la Universidad Complutense de Madrid que nos facilitaron la consulta de diferentes textos y en particular la de Medicina que puso a nuestra disposición las memorias de los Médicos-Directores de este Balneario gracias a haber efectuado su digitalización.

5. CONCLUSIÓN

a estancia de los bañistas en el Balneario de San Nicolás invita al descanso y el bienestar de los bañistas que acuden al Balneario gracias no sólo al microclima excepcional de que goza la localidad de Alhama de Almería sino también por la calidad de sus aguas termales y el trato exquisito de todo el personal que está al servicio del establecimiento balneario que se vuelca en atender cualquier necesidad del paciente sea de carácter sanitario, turístico, cultural o lúdico.

No podemos concluir sin aludir a algunas estrofas poéticas que se deben al poeta almeriense Ibn al-Haddab que ya en el siglo XI decía acerca de los baños de Alhama de Almería:

En Alhama la brillante, se realizan los deseos;

es como un jardín de flores olorosas.

¡Es asombroso! Allí se reúnen dos cosas contrarias:

el agua que brota y el fuego que se esconde.

6. REFERENCIAS

1. B.O.E. nº 256, 26-10-1965: pp. 14547
2. Comunidad Autónoma de Andalucía. B.O.J.A. nº 197, 07-10-2009. Edición Histórica Digital (Disponible 30-05-2015)
3. B.O.E. nº 163, 09-07-1993: pp. 20882-20884
4. Ara Barrionuevo L, Rodríguez López J. Castillos y poblamiento medieval en La Alpujarra. El ejemplo de Alhama de Almería. Almería: Instituto de Estudios almerienses, imprenta Provincial de Almería 1992: pp. 50-64
5. B.O.E. nº 155, 29-06-1985: pp.20344

6. Díaz López J.P. Diccionario biográfico de Almería. Almería, Instituto de Estudios Almerienses, Fundación Cajamar 2006: pp. 48-49, 260-261, 333, 349-351
7. Gaceta de Madrid nº 155, 04-06-1931: pp.1181
8. B.O.J.A. 04-07-1996. Edición Histórica Digital (Disponible 30-05-2015)
9. Arribas Palau A. Almagro Gorbea M. El poblado y la necrópolis megalíticos de Los Millares (Santa Fé de Mondújar, Almería). En Almagro Basch M. Colección Bibliotheca Praehistorica: Vol. 3. Madrid: CSIC, Instituto Español de Prehistoria, Diputación Provincial de Almería 1963
10. Ley 2/1989 de 18 de julio. B.O.J.A. nº 60, 27-07-1989. Edición Histórica Digital (Disponible 30-05-2015)
11. B.O.J.A. nº 6, 26-01-1987. Edición Histórica Digital (Disponible 30-05-2015)
12. García Campra E. Aguas y Baños de Alhama de Almería. El Eco de Alhama 1996; 1: 1
13. Amate M. C. Sobre los nombres de Alhama: Memoria e Historia. El Eco de Alhama, 2000; 9: 4-5
14. Diario de Almería 08-08-1918, 2ª época, III, 871: 1
15. Gaceta de Madrid nº 300, 26-10-1932: 579-580
16. B.O.E. nº 42, 11-02-1941: pp. 471
17. Ramón Rodríguez G. Memoria sobre las aguas minerales de Alhama de Almería. Almería, Tipografía, Industria y Comercio 1886
18. Gaceta de Madrid nº 139, 19-05-1877: pp. 525
19. Real Decreto-Ley 743, 25-04-1928; comprendido en la relación de balnearios del apartado b del artículo 34. Gaceta de Madrid nº 117, 26-04-1928: pp. 474-483
20. García Cambra, E. Aguas y Baños de Alhama de Almería. El Eco de Alhama, 01-07-1996, I, 1: 5
21. Solsona, J.B. Examen de las aguas medicinales que se hallan en el Reyno de Granada. Almería, José Santamaría 1824: pp. 106-114
22. Madoz, P. Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Tomo I. Madrid, Est. tip. de P. Madoz y L. Sagasti 1846: pp.599
23. Doz Gómez, E., Builla Alegre, A. Elementos de hidrología médica: Oviedo, Imp. Pardo, Gusano y Cia 1887: pp. 253
24. García López, A. Hidrología Médica. Tomo II. Madrid, Pinto impr. 1889: pp. 228-230

25. Menéndez Fernández, C., Miguel Paredes, E., Martínez Carrillo, F. Guía oficial de las aguas minero-medicinales y establecimientos balnearios de España. Temporada de 1907: Madrid, Hijos de A. García 1907: pp. 23
26. Gilbert, A., Carnot, P., Estrany, J. Crenoterapia Española. Barcelona, Salvat y Cia 1915: pp. 407
27. Guía oficial de los establecimientos balnearios y aguas medicinales de España. Madrid-Barcelona, S.A. Editorial y de publicidad Rudolf Mosse 1927: pp. 66
28. Manaut, P. Aguas Minero-Medicinales de España. Barcelona, Ediciones Baxarias 1918: 18
29. San Román Rouger, J. Hidrología Médica. Barcelona-Buenos Aires, Salvat Editores S.A. 1945: pp. 353
30. Armijo Valenzuela, M. Consideraciones Generales de interés terapéutico acerca de las aguas de Alhama de Almería, Madrid, mecanografiado 17-01-1979
31. Hotel Balneario San Nicolás. Balnearios de España, III, 05-08-2015, 11: 16-17
32. Otón y Parreño, I. Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Alhama la Seca. Sevilla, Ms. Biblioteca Facultad de Medicina UCM, 15-12-1878, Ca 2761 (4)
33. Otón y Parreño, I. Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Alhama de Almería. Sevilla, Ms Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM, 6-02-1885, Ca 2760 (2-1)
34. García Fernández, S. Establecimiento balneario de Alhama de Almería. Madrid, Ms Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM, 17-12-1887, Ca 2743 (2)
35. García Fernández, S. Establecimiento balneario de Alhama, provincia de Almería. Alhama de Almería, Ms Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM, 01-07-1888, Ca 2745 (1)
36. García Fernández, S. Establecimiento balneario de Alhama, provincia de Almería. Almería, Ms Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM, 17-12-1889, Ca 2813 (28)
37. García Fernández, S. Establecimiento balneario de Alhama de Almería. Almería, Ms Biblioteca Facultad de Medicina UCM, 19-12-1890, Ca 2816 (3)
38. Minagorre Cubero, B. Memoria reglamentaria de los baños de Alhama de Almería. Guadix, Ms Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM, 22-12-1894, Ca 2830 (1)

39. Minagorre Cubero, B. Gran establecimiento balneario de Alhama de Almería. Barcelona, Tip. Espasa y Cia: 1895
40. Díaz López, J.P. Diccionario biográfico de Almería. Almería, Instituto de Estudios Almerienses, Fundación Cajamar 2006: pp. 108-109
41. Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica nº 1, 01-01-1905, pp. 4-7
42. Avilés Merino, B. Necrológica de Santiago García Fernández. Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica nº 6, 01-12-1903: pp. 89-92
43. Minagorre Cubero, B. Alhama de Almería. Consideraciones sobre la acción fisiológica y terapéutica de sus aguas minero-medicinales. Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica XI, nº 5, 15-05-1895, pp. 105-113; nº 6, 15-06-1895, pp. 133- 141; nº 7, 15-07-1895, pp. 160-167; nº 8, 15-08-1895, pp.170-174
44. Martínez Reguera, L. Bibliografía hidrológico-médica española. Manuscritos y Biografías. Madrid, Sucesores de Rivadeneyra 186-1897: pp. 766
45. J.A. Necrológica de Ildefonso Otón y Parreño. Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica, nº 6, 01-012-1912, pp. 142-143
46. Gómez de Bedoya y Paredes, P. Historia Universal de las Fuentes Minerales de España, Tomo primero, Santiago, impr. Ignacio Aguayo 1764: pp. 217-218
47. Solsona, J.B. Examen de las aguas medicinales que se hallan en el Reyno de Granada. Almería, José Santamaría 1824: pp. 115
48. Madoz, P. Loc. cit. en nota 23
49. Minagorre Cubero, B. Alhama de Almería. Consideraciones sobre la acción fisiológica y terapéutica de sus aguas minero-medicinales. Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica, 15-06-1895: 133-141; 15-07-1895: 160-167
50. Armijo Valenzuela, M. Loc. cit. en nota 30
51. Maraver Eyzaguirre, F., Armijo Castro, F. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas. Madrid, Editorial Complutense 2010: pp. 82-83
52. Doz Gómez E. Duración del tratamiento hidrológico Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica, nº 1, 01-01-1905: pp. 4-7
53. B.O.E. nº 295, 10-12-2015: pp. 116800-116814.

Estudio de las características físico-químicas de las aguas del Balneario de San Nicolás (Almería)

Title in English: *Study of the physical-chemical characteristics of the waters of the Balneario San Nicolás (Almería)*

María Esperanza Torija Isasa^{1,*}, Mercedes García Mata², María Dolores Tenorio Sanz², J. I. Alonso Esteban², José Luis López Colón³

¹Académica Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia. ²Dpto. Nutrición y Bromatología II. Bromatología Facultad de Farmacia UCM. ³Instituto Toxicológico de la Defensa. *metorija@farm.ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 38-53.

RESUMEN

Las aguas del balneario de San Nicolás, de Alhama de Almería, fueron declaradas de utilidad pública por Real Orden de 16 de mayo de 1877, bajo la denominación de aguas de Alhama la Seca; en 1928 fue confirmada la utilidad pública de las aguas minero-medicinales de Alhama de Almería. Existen diferentes estudios de las aguas de este balneario, especialmente en el siglo XIX, en los que se comenta el tipo de aguas y su clasificación, y la mayoría de autores hacen referencia a una temperatura de las mismas superior a 40°C. Se analizaron las aguas correspondientes al origen del manantial, a una de las bañeras y a la fuente que se encuentra en uno de los patios. Las aguas surgen a una temperatura de 48°C; su pH es cercano a 8. El residuo seco, a 180°C, es superior a 600 mg/L. La dureza es cercana a 500 mg/L de CaCO₃, y predomina el calcio, cuyo contenido es ligeramente superior a 100 mg/L. De los aniones, bicarbonatos y sulfatos son mayoritarios; el contenido de estos últimos, ligeramente superior a los 200 mg/L, permite considerar estas aguas como sulfatadas. Los fluoruros se encuentran en cantidad ligeramente superior a 1 mg/L, lo que indica que se pueden considerar fluoradas. Los análisis realizados nos indican que se trata de aguas hipotermales, de mineralización media, muy duras, sulfatadas y fluoradas.

Palabras clave: Aguas minero-medicinales; análisis físico-químico; balneario San Nicolás (Almería).

ABSTRACT

The waters of Balneario San Nicolás, in Alhama de Almería, were declared waters of public utility by Real Orden of 16th May 1877, under the name of Alhama la Seca. In 1928, the public utility of mineromedicinal waters of Alhama de Almería was confirmed. There are different studies of these waters, especially in the 19th century, in which the type of water and its classification are discussed, and most of authors refer to a water temperature higher than 40°C. The water samples were taken in the spring, in one of the bathtubs and in a fountain. The waters emerge at 48°C; its pH is close to 8. Dry residue, at 180°C, is higher than 600 mg/L. Water hardness is close to 500 mg CaCO₃/L, and calcium predominates, with a content slightly higher than 100 mg/L. In terms of anions content, bicarbonates and sulfates are the most abundant. The sulfates content is higher than 200 mg/L, so the waters can be considered sulfated. Fluorides are slightly higher than 1 mg/L, reason why these waters can be considered fluoridated. The analysis carried out indicate that these waters are hypothermal, of medium mineralization, very hard, sulfated and fluoridated.

Keywords: Mineromedicinal water; physico-chemical analysis; Balneario San Nicolás (Almería).

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas del Balneario de San Nicolás, de Alhama de Almería, fueron declaradas de utilidad pública por Real Orden de 16 de mayo de 1877, bajo la denominación de aguas de Alhama la Seca, con las características de termo-acídulo-bicarbonatadas. En 1928 fue confirmada la utilidad pública de estas aguas minero-medicinales según el Estatuto sobre la Explotación de los manantiales de aguas minero-medicinales (1). Francés et al. (2), en esta misma monografía, hacen referencia a que en 1928 ya se especifica que las aguas del Balneario de San Nicolás podían ser calificadas como minero-medicinales.

Existen diferentes estudios de las aguas de este balneario, especialmente en el siglo XIX, en los que se comenta el tipo de aguas y su clasificación. En la Tabla 1 se recogen los principales autores que han tratado las aguas del Balneario de San Nicolás de la localidad de Alhama la Seca o Alhama de Almería, denominaciones dadas en función de la época, y a continuación comentamos algunas de sus referencias.

Fernández Navarrete (3), en 1732, escribió un manuscrito inédito titulado “Idea de la Historia Natural de Granada con varias observaciones físicas, médicas y botánicas” en el que se cita el “Baño de Alhama la Seca”, texto que se considera la primera referencia a las aguas motivo de estudio.

El Dr. Juan Bautista Solsona, en 1824 (4) (Figura 1), al hablar de las aguas de Alhama la Seca, las califica como aguas termales y saladas. Entre los comentarios que hace de las aguas, al hablar de las observaciones por los sentidos, dice: “No

hace gorgoritas ni tiene olor particular..., sin gusto mientras caliente, algo terreo y estiptico luego que se enfria, para lo que gasta algunas horas: quedando muy cristalina y buena para beber y cocer las legumbres”.

Madoz (5), por su parte, se refiere a Alhama la Seca y habla de dos manantiales, comentando: “...son dos nacimientos diferentes que luego se unen, el uno con dos partes de agua en extremo caliente, y el otro con una tercera de fría, y juntos forman un agua termal accidula fria que obra muy buenos efectos”.

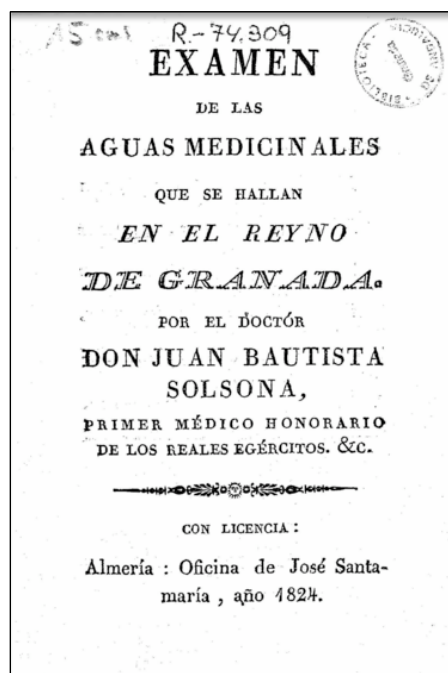


Figura 1. Portada del libro de Solsona.

Pedro M^a Rubio (6) clasifica las aguas de Alhama la Seca como acídulo-carbónicas sin hierro. Dice que el agua es clara, transparente, inodora, de sabor acídulo; habla de dos manantiales; comenta que el la derecha de la caverna tiene una temperatura de 35ºR y en el de la izquierda solo se alcanzan 25ºR; mezcladas estas aguas quedan a la temperatura de 31ºR. Comenta que se bebe, y se bañan los enfermos en la balsa.

Otón Parreño (8 – 10), fue médico director del Balneario de Alhama la Seca y publicó distintas memorias a lo largo de los años, desde el año 1878. Comenta que *“según la clasificación de la Gaceta de 28 de mayo, estas aguas pertenecen a las bicarbonatadas cálcicas variedad ferruginosa, pero teniendo en cuenta los muchos fosfatos que contienen y los marcados efectos de éstos en el organismo deberían clasificarse de bicarbonatadas cálcicas fosfatadas, variedad ferruginosa”*. En 1880 ya se refiere a estas aguas como de Alhama de Almería y sigue publicando memorias hasta 1885, año en el que comenta que baja la temperatura por movimientos de tierra. En 1883 cita una temperatura de 46ºC; hace referencia al análisis de las aguas y destaca el contenido de sulfato cálcico como la sal más abundante, seguida de sulfato magnésico; también cita un contenido importante de bicarbonato cálcico. Las clasifica como *bicarbonatadas* cálcicas variedad ferruginosa y, posteriormente, en 1884, las denomina bicarbonatadas cálcicas fosfatadas, variedad ferruginosa.

García López (7), en 1869, habla de los baños de Alhama la Seca; comenta: *“...nacen dos manantiales distantes entre sí treinta varas, y mezclando sus aguas, corren juntas por una larga mina, á cuya boca se ha excavado una zanja que las conduce a un gran estanque ó balsa. El agua es clara y transparente, inodora, de sabor acidulo; teniendo en el manantial que está a la derecha de la caverna 44º de temperatura, y en el de la izquierda solo 31. Mezcladas estas aguas, quedan a la temperatura de 37º”*. Este mismo autor (13), en 1889, en el Tomo I de su Hidrología médica, habla de Alhama de Almería, y cita: *“En terreno siluriano, en el contacto de las calizas con las pizarras, brota un manantial llamado Fuente Nueva ó de la Fé, cuya temperatura es de 46º en el punto de su emergencia, y en los baños de 45º. La temperatura de la estufa es de 41º”*. Comenta que el análisis practicado en 1875 por D. Gil Rodríguez (citado por Francés et al., 2), dio unos resultados que coinciden con los que comenta Minagorre (15). Dice, además, que estas aguas se incluyen en las bicarbonatadas cálcicas, variedad ferruginosa y fosfatada.

Minagorre (15, 16), médico director, en 1895, refiere que: *“Las aguas brotan a una temperatura de 46ºC, y desde su emergencia son conducidas al balneario por una galería subterránea, dentro de la cual nada se nota en particular en ellas, sino la gran cantidad de vapor que desprende...”*; comenta que las principales sales son: “bicarbonato de cal, de magnesia y de hierro; sulfato de cal y de magnesia; cloruro de litio y de magnesio”. En la portada de su libro refleja las características del agua en

cuanto a su clasificación y temperatura y dice que son bicarbonatadas, cálcicas, fosfatadas, litínicas y ferruginosas (Figura 2).

Martínez Reguera (18), en 1896, en la segunda parte de su Bibliografía Hidrológico-médica española, habla de Alhama la Seca y cita los médicos directores; a modo de ejemplo, entre ellos, menciona que en 1878 era Otón Parreño.

Menéndez et al. (19) citan que uno de los manantiales se llama de la Fe, lo que ya decía García López (13); comentan que la temperatura es de 46º y clasifican las aguas como bicarbonatadas cálcicas, fosfatadas litínicas ferruginosas. Gilbert y Carnot (20), también citan 46º; hacen referencia al ya mencionado análisis de Gil Rodríguez que recogen Francés et al. (2). Manaut (21) habla de las aguas de Alhama la Seca como: bicarbonatadas cálcicas, variedad ferruginosas ácido gaseosas.

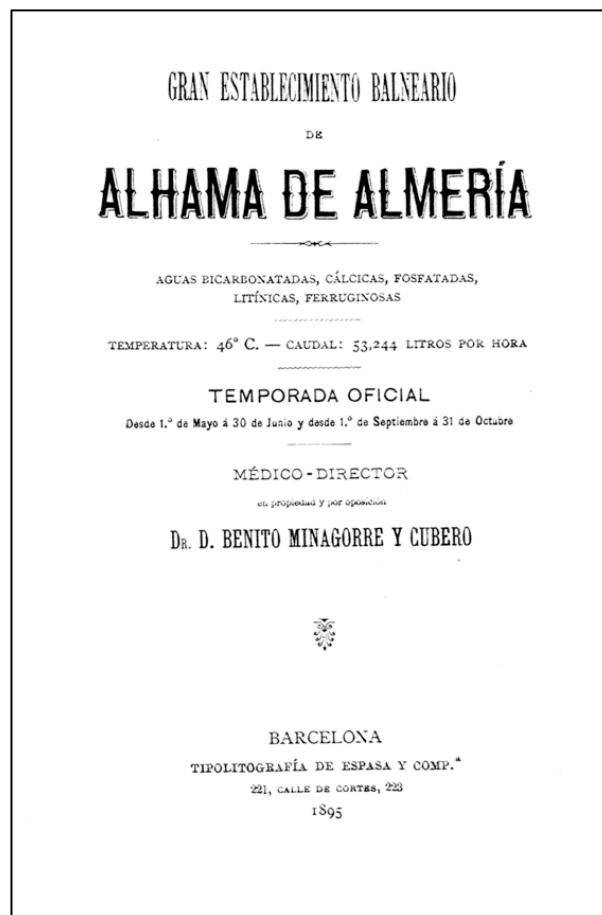


Figura 2. Portada del libro de Minagorre.

Tabla 1. Principales textos en que se recogen las aguas de Alhama de Almería.

Año	Autor	Texto
1732	Fernández Navarrete (3)	Idea de la Historia Natural de Granada con varias observaciones físicas, médicas y botánicas
1824	Solsona (4)	Examen de las aguas medicinales que se hallan en el Reyno de Granada
1845	Madoz (5)	Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Tomo I
1853	Rubio (6)	Tratado completo de las Fuentes Minerales de España.
1869	García López (7)	Aguas minerales. Tratado de Hidrología médica con guía del bañista y el mapa balneario de España.
1878	Otón Parreño (8)	Memoria anual de los Baños y Aguas minero-medicinales de Alhama la Seca.
1883	Otón Parreño (9)	Breve reseña de las aguas termales de Alhama de Almería
1885	Otón Parreño (10)	Memoria anual de los Baños y Aguas minero-medicinales de Alhama de Almería.
1887	Doz y Builla (11)	Elementos de Hidrología médica
1887	García Fernández (12)	Establecimiento balneario de Alhama de Almería. Memoria reglamentaria correspondiente á las dos temporadas, oficiales, del año de 1887.
1889	García López (13)	Hidrología médica. Tomo I.
1890	García Fernández (14)	Establecimiento balneario de Alhama de Almería. Año de 1890.
1894	Minagorre (15)	Memoria reglamentaria de los baños de Alhama de Almería correspondiente al año 1894.
1895	Minagorre (16)	Gran establecimiento balneario de Alhama de Almería
1896	De la Puerta y Escolar (17)	Guía ilustrada de las aguas minerales y balnearios de España
1896	Martínez Reguera (18)	Bibliografía Hidrológico-médica española
1907	Menéndez et al. (19)	Guía oficial de las aguas minero-medicinales y establecimientos balnearios de España
1915	Gilbert y Carnot (20)	Crenoterapia española
1918	Manaut (21)	Breve resumen de las aguas minero-medicinales de España
1927	S.a. (22)	Guía oficial de los establecimientos balnearios y aguas medicinales de España

2. ANÁLISIS REALIZADOS

En el mes de octubre de 2015 se procedió a la recogida de muestras para la realización de los diferentes análisis de las aguas del Balneario de San Nicolás. Las muestras recogidas corresponden a: Pozo “El Sillero”, Bañera y Fuente (Fotos 1, 2 y 3). Dichas muestras coinciden con las utilizadas para realizar los análisis microbiológicos (23).



Se realizaron una serie de análisis a pie de manantial; para las determinaciones que se llevan a cabo en el laboratorio se recogieron las muestras y se conservaron en nevera y en frascos estériles las destinadas a la determinación de la oxidabilidad y otros. A pie de manantial se tomó la temperatura del agua y del ambiente; se hizo una determinación previa del pH y se procedió a determinar el anhídrido carbónico, así como a preparar las muestras para la determinación del oxígeno disuelto. En todos los casos se utilizaron métodos oficiales o recomendados.

Dado que no existe normativa específica que permita caracterizar las aguas mineromedicinales, los comentarios a los resultados los haremos en relación,

principalmente, con el RD 140/2003 (24), texto consolidado en octubre de 2013, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, dado que en algunos casos las aguas de este Balneario se utilizan por vía oral. Este RD tiene una pequeña modificación según RD 1120/2012 (25), que no atañe a nuestro trabajo. Además, haremos referencia al RD 1744/2003 (26), texto consolidado en 2011, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas y al RD 1798/2010 (27), publicado en enero de 2011 y con texto consolidado en 2016, en el que se especifican las características exigidas para aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación iremos comentando los resultados obtenidos comparando con los aportados por otros autores y estableciendo las características de mayor interés que nos van a permitir clasificar las aguas del Balneario de San Nicolás. D. J. M^a Morcillo, Director-Gerente del Balneario nos proporcionó datos no publicados correspondientes a 2015, que tendremos en cuenta a la hora de la discusión, y que citaremos como San Nicolás (28).

En la Tabla 2 se recogen los datos correspondientes a temperatura y constantes físico-químicas y en la Tabla 3 se presentan las características generales.

Tabla 2. Constantes físico-químicas.

Parámetro	Unidades	Pozo	Bañera	Fuente
Temperatura ambiente	°C	30,0	29,7	20,5
Temperatura del agua	°C	48,6	48,2	37,1
pH	Unidades pH	8,0	8,0	7,9
Densidad	g/cc	1,002	1,002	1,003
Turbidez	FAU	< 1	< 1	< 1

La temperatura ambiente fue del orden de 30°C, algo inferior en la Fuente. La del agua, fue próxima a 48°C, excepto en la Fuente, donde nuevamente fue algo menor, dada su ubicación. Vemos que esta temperatura está de acuerdo con las que se citan en los textos antiguos. En el Vademecum II de Aguas Mineromedicinales Españolas, Maraver et al. (29) y Maraver (30) indican una temperatura 47,6°C. San Nicolás (28), por su parte, cita una temperatura de 47°C. Distintos autores (31, 32) indican que cuando la temperatura del agua es mayor de 37°C deben considerarse hipertermiales.

El pH encontrado fue de 8,0. Maraver et al. (29) indican 6, y San Nicolás (28) cita 7,4. Rodier (33), por su parte, comenta que las aguas naturales tienen

normalmente un pH que oscila entre 7,2 y 7,5. En los RD 140/2003 (24) y 1744/2003 (26) se señala un margen para los valores de pH entre 6,5 y 9,5.

En relación a los caracteres organolépticos, se trata de un agua incolora, inodora e insípida. Los gases disueltos, existen en una pequeña cantidad. El contenido de oxígeno disuelto fue de 0,71 mg/L en la Bañera y de 0,24 mg/L en la Fuente. En cuanto al CO₂, en la Bañera fue de 28,6 mg/L y en la Fuente de 23,1 mg/L; Maraver et al. (29), citan un valor de 21, 8 mg/L, ligeramente inferior al nuestro. San Nicolás (28), refiere un contenido de CO₂ de 42,7 mg/L.

Tabla 3. Características generales.

Parámetro	Unidades	Pozo	Bañera	Fuente
Conductividad eléctrica a 20°C	µS.cm ⁻¹	816,4	816,4	830,0
Residuo seco a 180°C	mg/L	646,0	606,0	622,0
Oxidabilidad al permanganato	mg O ₂ /L	1,1	1,1	1,1

La conductividad eléctrica dio un valor ligeramente superior a 800 µS.cm⁻¹ a 20°C. En el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas, Maraver et al. (29) mencionan una conductividad, a 25°C, de 957 µS.cm⁻¹. San Nicolás (28), indica 768 µS.cm⁻¹ a 20°C. Sánchez Martos et al. (34), al estudiar las aguas del área de Alhama de Almería citan un valor de 743,1 µS.cm⁻¹ a 20°C. Rodier (33) comenta que aguas con una conductividad entre 666 y 1000 µS.cm⁻¹ son de mineralización importante.

El residuo seco, determinado a 180°C, es de 646 mg/L en el Pozo y algo menor en Bañera y Fuente. En el RD 1798/2010 (27) se especifica que cuando el residuo seco se encuentra entre 500 y 1500 mg/L, se trata de aguas de mineralización media. Maraver et al. (29), citan 627,2 mg/L y según S. Nicolás (28) es de 646 mg/L. Rodier (33) comenta que las aguas con un residuo seco entre 500 – 1000 mg/L se deben considerar de potabilidad pasable.

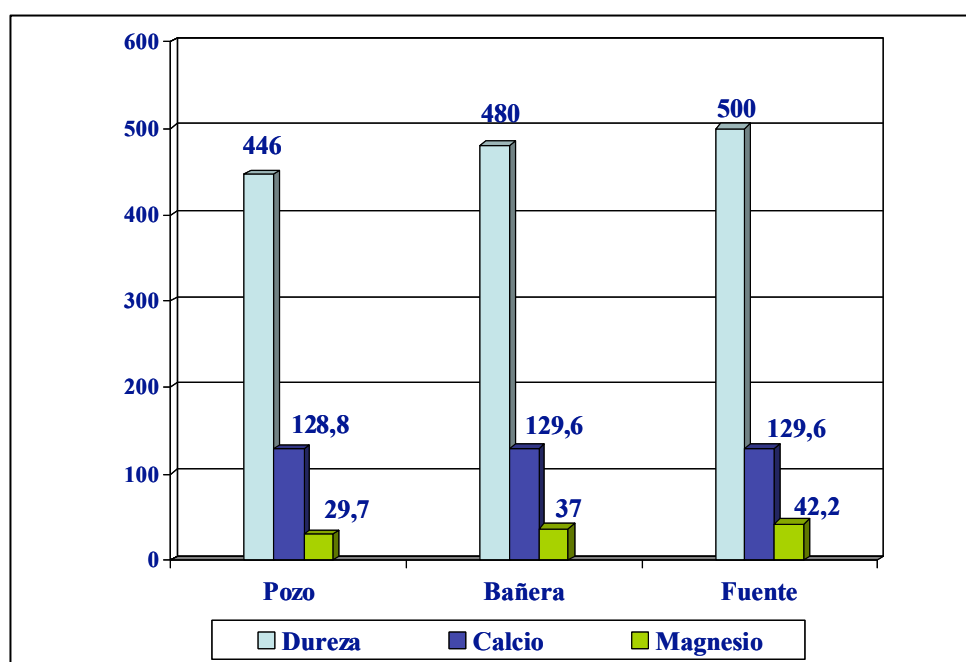
Si observamos los datos del balneario de Sierra Alhamilla (29), cercano al de Alhama de Almería, se observa en las aguas del primero tienen una conductividad superior, de 1323 µS.cm⁻¹ a 25°C, y un residuo seco a 180°C de 830,4 mg/L; ambos parámetros son superiores a los de San Nicolás, lo que ya nos da idea de la diferencia de sus aguas.

La oxidabilidad al permanganato dio un valor de 1,1 mg de oxígeno por litro en los diferentes puntos. San Nicolás (28), refiere 0,9 mg de oxígeno por litro. Se trata, por tanto, de aguas claramente potables, lo que concuerda con la ausencia de nitratos y nitritos. En el RD 140/2003 (24) que se refiere a aguas de consumo humano y en el

RD 1744/2003 (26) sobre aguas de bebida envasadas, se especifica un valor paramétrico máximo para oxidabilidad de 5 mg O₂/L.

Al hablar de cationes, el sodio dio un valor de 27 – 28 mg/L y el potasio de 3,0 mg/L. Maraver et al. (29), citan un contenido de sodio de 20,6 mg/L y de potasio, de 2,4 mg/L, similares a los nuestros. Los valores citados por S. Nicolás (28) fueron de 22,0 y 3,0 mg/L respectivamente. En Sierra Alhamilla (29) el sodio se encuentra en una cantidad de 255,7 mg/l y el potasio de 10,3 mg/L.

En las Gráficas 1 y 2 se recogen los valores de calcio, magnesio y dureza de las aguas analizadas (Gráfica 1) y se comparan con datos de otros autores (Gráfica 2).



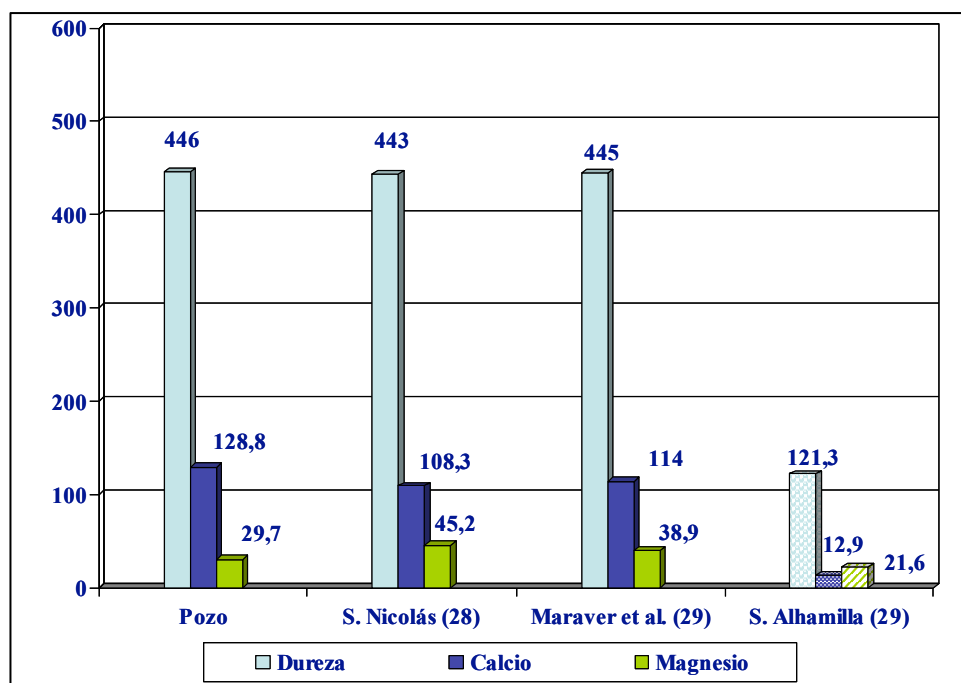
Gráfica 1. Dureza (CaCO₃), calcio y magnesio de las aguas de San Nicolás (mg/L).

El contenido de calcio de las aguas fue próximo a 130 mg/L y el de magnesio cercano a 30 mg/L en el Pozo y algo superior en los otros dos puntos. Los valores son concordantes con los obtenidos por Maraver et al. (29) (114,1 mg/L para calcio y 38,9 mg/L para magnesio); S. Nicolás (28) cita 108,3 mg/L para calcio y 45,2 mg/L para magnesio. Sánchez Martos et al. (34) indican 93,5 mg/L de calcio y 45,2 mg/L de magnesio en la aguas de la zona de Alhama de Almería. Las aguas de Sierra Alhamilla (29) son muy diferentes, ya que contienen 12,9 mg/L de calcio y 21,6 mg/L de magnesio.

El RD 1798/2010 (27), indica que se consideran aguas cálcicas aquellas cuyo contenido de calcio es superior a 150 mg/L y magnésicas cuando tienen más de 50 mg/L de magnesio; por ello no podemos considerar las aguas de Alhama de Almería

como tales. Rodier (33) comenta que las aguas potables de buena calidad contienen habitualmente entre 100 y 140 mg/l de calcio, lo que es nuestro caso.

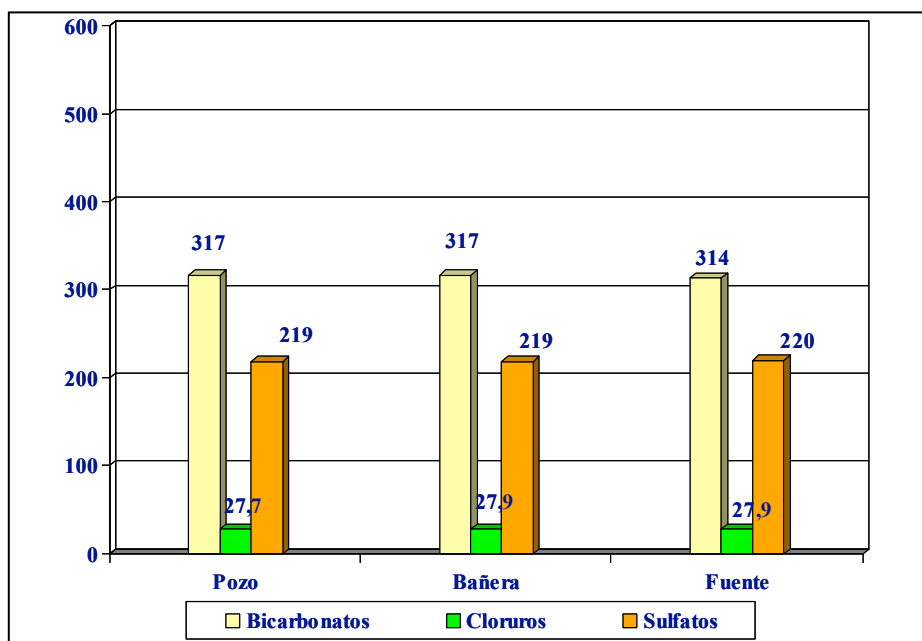
La dureza total del agua fue de 446 – 500 mg/L de CaCO_3 , siendo la inferior la encontrada en las aguas del Pozo; los resultados son similares a los citados por otros autores: 443 mg/L de CaCO_3 según S. Nicolás (28) y 445 mg/L de CaCO_3 según Maraver et al. (29).



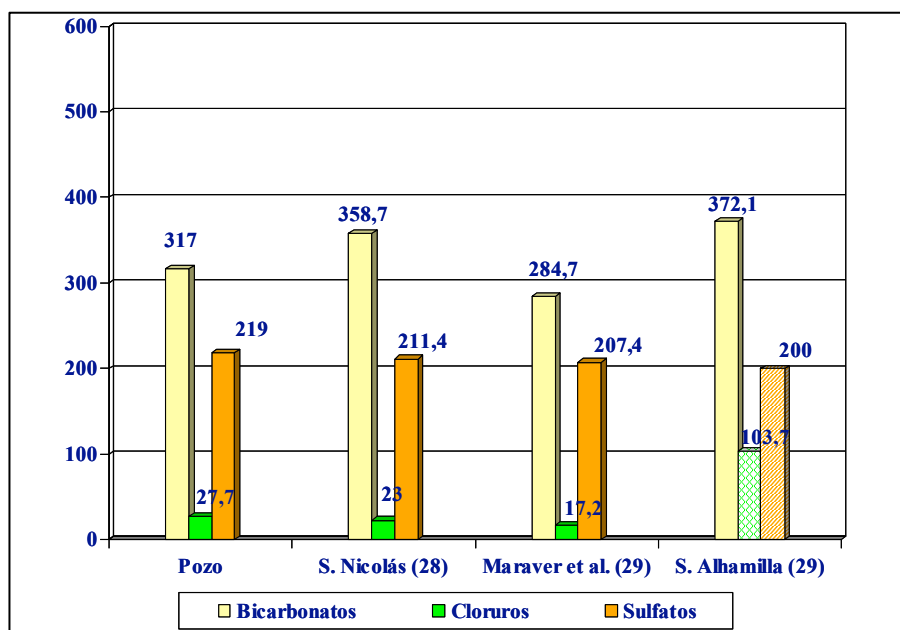
Gráfica 2 . Datos (mg/L) comparativos de dureza (CaCO_3), calcio y magnesio.

Casares et al. (31), consideran que aguas cuya dureza se encuentra entre 350 y 500 son duras. La OMS (35), por su parte, menciona que las normas internacionales de 1971 señalaron que el grado máximo permisible de dureza del agua de consumo era de 10 mEq/L (500 mg de CaCO_3/L), basado en la aceptabilidad del agua para el uso doméstico. Posteriormente, la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicadas en 1984, concluyó que no existían pruebas sólidas de que el consumo de agua dura provocara efectos adversos en la salud de las personas y se estableció un valor de referencia de 500 mg/L de CaCO_3 para la dureza, basado en consideraciones sobre el sabor y el uso doméstico. En ningún caso establece una clasificación de las aguas según su dureza.

El contenido de aniones se recoge en la Gráfica 3 y se compara con los obtenidos por otros autores en la Gráfica 4; los bicarbonatos se encuentran alrededor de 315 mg/L; los cloruros son del orden de 28 mg/L y los sulfatos próximos a 220 mg/L.



Gráfica 3. Bicarbonatos, cloruros y sulfatos de las aguas de San Nicolás (mg/L).



Gráfica 4. Datos (mg/L) comparativos de bicarbonatos, cloruros y sulfatos.

Según el RD 1798/2010 (27) un agua puede ser considerada bicarbonatada si supera los 600 mg/L; clorurada si supera 200 mg/L y sulfatada si su contenido de sulfatos supera los 200 mg/L. En función de los datos obtenidos, podemos decir que las aguas de Alhama de Almería se pueden considerar sulfatadas.

Sánchez Martos et al. (34) comentan que las aguas del área de Alhama de Almería tienen baja salinidad, su facies es bicarbonatada cálcica como consecuencia de la litología calizo dolomítica del acuífero. Los valores que citan para las aguas de la zona son: 348,2 mg/L de bicarbonatos, 12,2 mg/L de cloruros y 139,6 mg/L de sulfatos.

En el balneario de Sierra Alhamilla (29), los bicarbonatos se encuentran en un valor algo superior, de 372,1 mg/L; los cloruros son muy superiores: 103,7 mg/L y los sulfatos inferiores: 171,1 mg/L. Nuevamente observamos las diferencias entre ambos Balnearios.

La cantidad de fluoruros encontrada en las aguas de San Nicolás fue de 1,3 mg/L. S. Nicolás (28) cita 1,39 mg/L y Maraver et al. (29), 1,2 mg/L. Díaz Puga et al. (36) estudian el flúor en las aguas subterráneas de la Sierra de Gádor, encontrando que el contenido del mismo varía entre 0,03 y 4,3 ppm. En función de lo establecido en el RD 1798/2010 (27), estas aguas se pueden considerar fluoradas, ya que contienen más de 1 mg/L de flúor.

En la Tabla 3 se incluyen los resultados de diferentes metales obtenidos para las aguas de San Nicolás. Todos los metales se encuentran por debajo del valor paramétrico.

Tabla 3. Metales (Expresados en µg/L).

Elemento	Bañera	Fuente	Valor paramétrico
Aluminio	2,0	< 4	200
Antimonio	0,9	0,9	5
Arsénico	27,0	28,0	10
Boro	< 0,1	< 0,1	1
Cadmio	< 0,1	< 0,1	5
Cobre	1	< 1	2000
Cromo	< 1	< 1	50
Hierro	29,0	2	200
Manganeso	< 1	< 1	50
Mercurio	< 0,2	< 0,2	1
Níquel	< 1	< 1	20
Plomo	< 1	< 1	10
Selenio	< 1	< 1	10

En relación al hierro, teniendo en cuenta el RD 1798/2010 (27), nuestras aguas no pueden considerarse ferruginosas, ya que se especifica que para denominarlas como tales, deben contener más de 1 mg/L.

4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo, se deduce que las aguas del Balneario de San Nicolás, de Alhama de Almería, son: hipertermales, de mineralización media, muy duras, sulfatadas y fluoradas.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Real decreto-Ley aprobando el Estatuto sobre la explotación de **manantiales** de aguas minero-medicinales. Presidencia del Consejo de Ministros. BOE nº 117, de 26 de de abril de 1928. Texto consolidado. Última modificación: 24 de julio de 1973.
2. Francés MC, López Guzmán J, López González M^a. El balneario de San Nicolás (Almería). Historia y generalidades. An. Real Acad. Farmacia 2017; 83 número extraordinario: 14-38.
3. Fernández Navarrete, F. Idea de la Historia Natural de Granada con varias observaciones físicas, médicas y botánicas. En: García Campra, E. Aguas y baños de Alhama de Almería. El Eco de Alhama 1996; nº1.
4. Solsona JB. Examen de las aguas medicinales que se hallan en el Reyno de Granada. Almería: Oficina de José Santamaría, 1824.
5. Madoz P. Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus Provincias. Tomo I. Est. Literario-tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti, 1845. Disponible en: (<http://www.bibliotecavirtualdeandalucia.es/>) y en: (<https://bibliotecadigital.jcyl.es>).
6. Rubio PM. Tratado completo de las Fuentes Minerales de España. Madrid: Establecimiento Tipográfico de D.R.R. de Rivera, 1853.
7. García López A. Aguas minerales. Tratado de Hidrología médica con guía del bañista y el mapa balneario de España. Madrid: Imprenta y estereotipia de M. Rivadeneyra, 1869.
8. Otón Parreño I. Memoria anual de los Baños y Aguas minero-medicinales de Alhama la Seca, provincia de Almería, según previene la Regla 9^a del artículo 57 del Reglamento vigente del Ramo. Manuscrito. 1878.

9. Otón Parreño I. Breve reseña de las aguas termales de Alhama de Almería, de su situación geográfica, su análisis químico, sus usos medicinales y su Establecimiento Balneario. Sevilla: Imprenta y librería de D. Rafael Tarasco. Disponible en: (<http://www.cervantesvirtual.com>).
10. Otón Parreño I. Memoria anual de los Baños y Aguas minero-medicinales de Alhama de Almería según previene la Regla 9ª del artículo 57 del Reglamento vigente del ramo. Manuscrito. 1885.
11. Doz Gómez E, Builla Alegre A. Elementos de hidrología médica. Oviedo: Imprenta Pardo, Gusano y Cía, 1887.
12. García Fernández, S. Establecimiento balneario de Alhama de Almería. Memoria reglamentaria correspondiente á las dos temporadas, oficiales, del año de 1887, presentada por su actual Médico Director en propiedad. Manuscrito. 1887.
13. García López, A. Hidrología médica. Tomo I. 2ª ed. Madrid: Pinto Impresor, 1889.
14. García Fernández, S. Establecimiento balneario de Alhama de Almería. Año de 1890. Memoria reglamentaria correspondiente á las dos temporadas, oficiales, del presente año elevada al Ilmo. Sr. Director Gral. de Beneficencia y Sanidad por el Médico Director en propiedad. Manuscrito. 1890.
15. Minagorre y Cubero B. Memoria reglamentaria de los baños de Alhama de Almería correspondiente al año de 1894 Manuscrito. 1894. Disponible en: (<http://www.cervantesvirtual.com>).
16. Minagorre y Cubero B. Gran establecimiento balneario de Alhama de Almería. Barcelona: Tipolitografía de España y Compª, 1895. Disponible en: (<http://www.cervantesvirtual.com>).
17. De la Puerta y Escolar R. Guía ilustrada de las aguas minerales y balnearios de España. Madrid: Imprenta Colonial, 1896.
18. Martínez Reguera L. Bibliografía hidrológico médica española. Segunda parte. Tomo I. Madrid: Establecimiento Tipográfico Sucesores de Rivadeneyra, 1896.
19. Menéndez y Fernández C, Miguel y Paredes E, Martínez Carrillo F. Guía oficial de las aguas minero-medicinales y establecimientos balnearios de España temporada de 1907. Madrid: Imprenta Hijos de J.A. García, 1907.
20. Gilbert A, Carnot P. Crenoterapia española. Barcelona: Salvat y Cia., 1915.
21. Manaut P. Breve resumen de las aguas minero-medicinales de España. Barcelona: Baxarias, 1918. Disponible en: (<http://bipadi.ub.edu>).

22. Guía Oficial de los Establecimientos Balnearios y aguas medicinales de España. Año 1927. Madrid; Barcelona: Rudol Mosse, 1927.
23. De la Rosa Jorge MC, Pintado García C, Rodríguez Fernández C. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de San Nicolás An. Real Acad. Farmacia 2017; 83 número extraordinario: 63-78.
24. Real Decreto 140/2003 BOE nº 45 de 21 de febrero de 2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. 2003.
25. Real Decreto 1120/2012, de 20 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
26. Real Decreto 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. Publicado en BOE núm. 312 de 30 de Diciembre de 2003.
27. Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano. B.O.E. Núm. 16 miércoles 19 de enero de 2011.
28. San Nicolás. Datos no publicados. Facilitados por D. JM Morcillo Director Gerente del Balneario. 2015.
29. Maraver F, Hurtado I, Armijo F. Capítulo 4. Aguas mineromedicinales españolas. 4.1. Análisis y fichas. En Maraver Eyzaguirre F, Armijo Castro F. Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas. 1ª ed. Madrid: Ed. Complutense, 2010.
30. Maraver Eyzaguirre F. Capítulo 4. Aguas mineromedicinales españolas. 4.2. Clasificaciones. En Maraver Eyzaguirre F, Armijo Castro F. Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas. 1ª ed. Madrid: Ed. Complutense, 2010; pp. 297-310.
31. Casares López R, García Olmedo R, Valls Payés C. Tratado de Bromatología. 5ª ed. Madrid: Bromatología, Toxicología y Análisis Químico Aplicado, UCM, 1978.
32. Legislación Alimentaria. Código Alimentario Español y disposiciones legales complementarias. 7ª edición actualizada. Madrid: Tecnos, 2006.
33. Rodier, J. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. 3ª ed. Barcelona: Omega, 1998.

34. Sánchez Martos F, Pulido Bosch A, Vallejo A, Molina L, Gisbert J. Rasgos hidrogeoquímicos de las aguas termales en los acuíferos carbonatados del Bajo Andarax (Almería). *Geogaceta* 2004; 35: 171-175.
- 35 OMS 2008. Guías para la calidad del agua potable, tercera edición. Volumen 1: Recomendaciones (Libro en Internet). Ginebra (Suiza): OMS. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: (www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/).
- 36 Díaz Puga MA, Daniele L, Vallejo A, Pulido-Bosch A, Corbella M. Flúor en las Aguas subterráneas de Sierra de Gádor (SE, -España). *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía. Macla* 2011; 15.

Análisis de la radiactividad en aguas del Balneario de San Nicolás (Almería)

Title in English: *Radioactivity analysis of San Nicolás Spa water*

M.^a Antonia Simón Arauzo*, M.^a del Carmen Heras Íñiguez, José Antonio Suárez Navarro, Catalina Gascó Leonarte, Beatriz Romero del Hombrebueno Pozuelo, José Antonio Trinidad Ruiz, Ana M.^a Suáñez Fidalgo

Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica. Departamento de Medioambiente (CIEMAT), Avda. Complutense 40, 28040 Madrid. *simon.arauzo@ciemat.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 54-62.

RESUMEN	ABSTRACT
<p>Se ha realizado el estudio radiológico del agua del manantial del Balneario de San Nicolás en la provincia de Almería. Este estudio ha consistido en la determinación cuantitativa de los radionucleidos naturales más importantes desde el punto de vista de la protección radiológica existentes en las aguas del balneario. La medida del contenido radiactivo de las aguas constituye un tema cuyo estudio resulta de gran interés. Las aguas con elementos radiactivos disueltos pueden producir, como consecuencia directa de su consumo, dosis de irradiación interna tanto por ingestión como por inhalación de estos elementos. Debido a esto es necesario, en algunos casos, proceder al análisis y posterior evaluación de la dosis asociada a este consumo.</p>	<p>Radioactivity analysis of San Nicolás Spa water was carried out by the CIEMAT Laboratory of Environmental Radioactivity. With this aim the most important natural radionuclides were determined in water from spring water. The measurement and knowledge of radioactivity level in water is an interesting and convenient topic. The consumption of water which has dissolved some radionuclides could lead to internal irradiation both by ingestion and by inhalation. Therefore it is necessary, in some cases, to determine the water radioactivity level in order to assess the dose.</p>
<p>Palabras clave: Radiactividad; Radionucleido; Periodo de semidesintegración; Series radiactivas.</p>	<p>Keywords: Radioactivity; Radionuclides; Half live; Radioactive series.</p>

1. INTRODUCCIÓN

La Unidad de Radioactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica del departamento de Medio Ambiente del CIEMAT ha realizado un estudio de la radiactividad en el manantial del Balneario de San Nicolás. Este trabajo está englobado dentro de un estudio más amplio sobre las características generales de los

balnearios españoles en el que se incluyen las características radiológicas de sus aguas mineromedicinales.

Las aguas subterráneas que circulan por la corteza terrestre constituyen agentes fundamentales en los procesos geológicos de formación. Siendo un solvente natural complejo y dinámico, el agua participa tanto en los procesos de disolución y transporte como en las reacciones químicas y en la transferencia de calor, gases y elementos químicos. Como consecuencia de ello es el principal medio de dispersión y transporte de los elementos radiactivos naturales a través de la biosfera y de los niveles tróficos hasta alcanzar al hombre.

Los isótopos radiactivos que habitualmente se encuentran presentes en el agua, a excepción del ^{40}K , tritio y carbono-14 que son de origen cosmogénico, proceden de las series radiactivas naturales de los radionucleidos primarios ^{238}U , ^{235}U y ^{232}Th , que se encuentran distribuidos abundantemente, aunque de forma desigual, en la corteza terrestre (Figura 1).

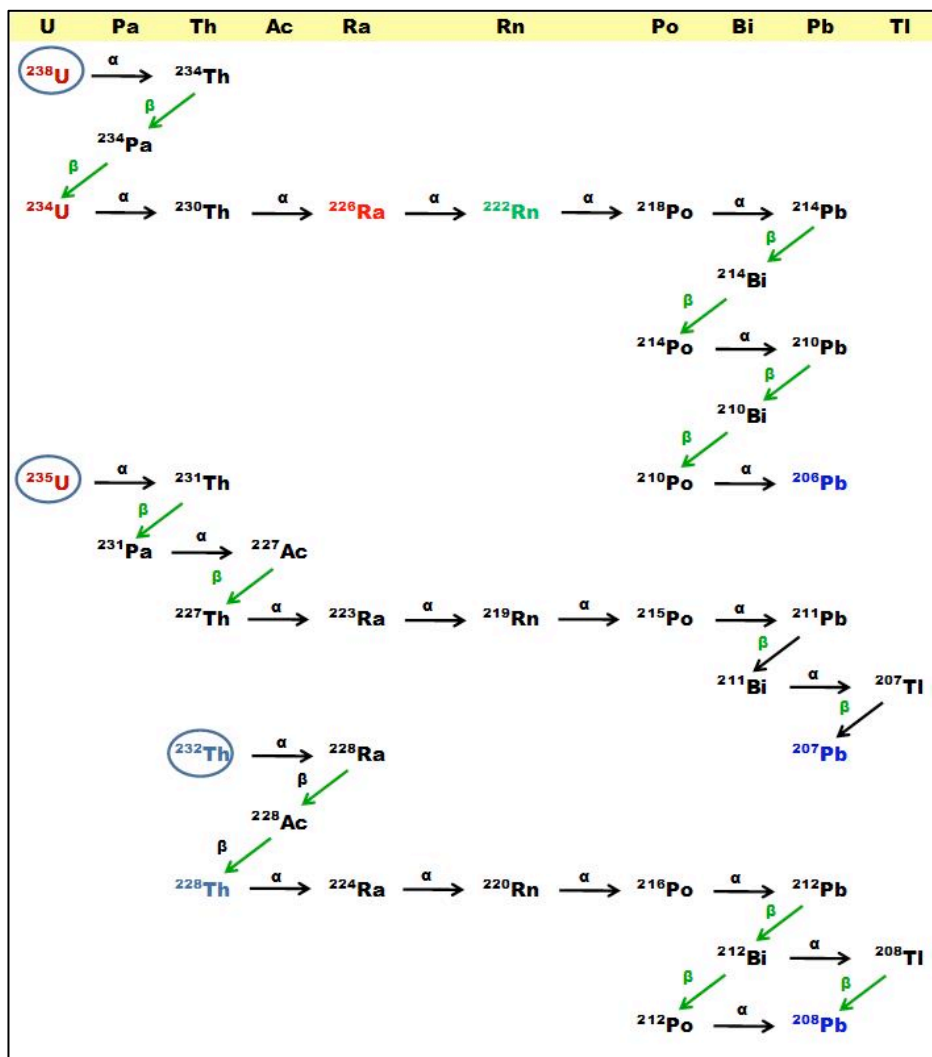


Figura 1. Series radiactivas naturales.

Los radionucleidos cabeza de las series radiactivas son denominados radionucleidos primigenios, ya que proceden de los primitivos materiales que se acumularon en la formación de la tierra, y por sus largos periodos de semidesintegración están aún presentes. La mayor parte de los otros radionucleidos miembros de las series son de periodos más cortos y se están produciendo continuamente por la desintegración de sus precursores, de periodos largos.

La mayor o menor concentración de estos radionucleidos en las aguas viene condicionada no sólo por la mayor abundancia en el terreno sino también por las características físico-químicas de cada uno de ellos individualmente (solubilidad, etc.). Ello hace que los equilibrios radiactivos seculares entre los radionucleidos existentes en los terrenos se alteren radicalmente en las aguas que los disuelven y acumulan. Un caso típico es el ^{222}Rn , cuya actividad en agua suele ser mucho mayor que la de su progenitor el ^{226}Ra , de características físico-químicas distintas, a pesar de su periodo de semidesintegración mucho más corto.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestras

Las muestras se tomaron en septiembre de 2015 en tres puntos de surgencia denominados como Sillero, San Marcos y Alsina. Para el análisis del radón se utilizaron envases de tipo Marinelli de 500 mL de capacidad que se llenaron hasta el borde y se cerraron herméticamente, se anotó la hora exacta de la toma de muestra y se midieron en el laboratorio antes de las 72 horas.

Para el resto de los análisis se tomaron 10 L de agua en dos garrafas de polipropileno y se acidularon con HNO_3 hasta pH inferior a 2.

2.2. Índices de actividad alfa y beta total

Los llamados índices de radiactividad alfa total y beta total, proporcionan una estimación orientativa del contenido de la radiactividad en el agua, su medida es sencilla y permite decidir sobre la necesidad de realizar determinaciones específicas de los posibles radionucleidos presentes.

Estas medidas proporcionan valores referidos al contenido global de emisores alfa referidos al ^{241}Am y de emisores beta referidos al ^{90}Sr en equilibrio con el ^{90}Y .

La determinación del índice de actividad alfa se ha realizado mediante la técnica de coprecipitación y medida por centelleo sólido de sulfuro de cinc (Ag), y los

de actividad beta total mediante evaporación y medida por contador proporcional de flujo de gas (1,2).

2.3. Determinación de radionucleidos específicos

La selección de los radionucleidos a determinar se ha basado fundamentalmente en criterios de peligrosidad radiológica, según su contribución a las dosis del hombre por ingestión o inhalación. Siguiendo este criterio se ha elegido en primer lugar el ^{222}Rn y su progenitor el ^{226}Ra , que son los principales contribuyentes de la radiactividad de la serie del ^{238}U , debido a sus descendientes de periodo de semidesintegración corto, con los cuales alcanza rápidamente el equilibrio. Los restantes radionucleidos seleccionados han sido fundamentalmente aquellos de periodo de semidesintegración largo, que son los únicos que se pueden determinar en la práctica aunque se haya roto el equilibrio radiactivo entre los diferentes radionucleidos de la serie.

Los radionucleidos estudiados han sido los siguientes:

^{222}Rn

En general, el mayor porcentaje de radiactividad de las aguas subterráneas se debe a la presencia de ^{222}Rn . Debido a sus propiedades físico-químicas se produce una acumulación de radón en el agua que da lugar a valores de actividad muy superior a la debida al simple equilibrio radiactivo con su progenitor. Por otra parte, la presencia de ^{222}Rn juega un papel primordial en la actividad total de las aguas, no sólo por su propia radiactividad sino porque es el precursor de una serie de radionucleidos de periodos de semidesintegración cortos, tales como el ^{214}Pb ($T_{1/2}= 26,8$ minutos) y ^{214}Bi ($T_{1/2}=19,8$ minutos), que contribuyen en gran medida a los valores de actividad encontrada en las aguas.

El ^{222}Rn pertenece a la serie radiactiva del ^{238}U , forma parte de los gases nobles, grupo de elementos químicos de muy poca reactividad química, por lo que su disolución y arrastre por el agua se realiza mediante procesos físicos.

Los métodos de medida “in situ” en el propio manantial son menos sensibles y precisos que los métodos de determinación de radón en el laboratorio, que es como se han realizado en este estudio.

La determinación del ^{222}Rn se realiza por medida directa mediante la técnica de espectrometría gamma (3). El cálculo de la actividad se realiza sobre los fotopicos del ^{214}Pb y ^{214}Bi , en equilibrio con el ^{222}Rn (3). El equipo utilizado es un detector de germanio intrínseco “reverse” (Rege) con su correspondiente cadena electrónica asociada. El detector está rodeado con un blindaje de plomo de 10 cm. de espesor para reducir el fondo.

^{226}Ra

El ^{226}Ra es un radionucleido emisor alfa con un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=1600$ años y es el precursor del ^{222}Rn . Su determinación en agua se realiza mediante una separación radioquímica del radio utilizando portador de bario (4). Las medidas se realizan con un detector de centelleo sólido de sulfuro de cinc a distintos intervalos de tiempo a partir del momento de separación y mediante el planteamiento y resolución de un sistema de ecuaciones simultáneas se obtienen las actividades de ^{226}Ra y ^{224}Ra .

^{238}U , ^{235}U , ^{234}U

Los isótopos de uranio se han determinado utilizando la técnica de espectrometría alfa, previa separación radioquímica y deposición electrolítica sobre un disco de acero inoxidable, utilizando como patrón interno el ^{232}U (5).

^{230}Th , ^{232}Th , ^{228}Th

Los isótopos de torio se han determinado por la espectrometría alfa (6) previa separación radioquímica y utilizando como patrón interno el ^{229}Th .

El ^{230}Th pertenece a la serie radiactiva natural del ^{238}U y tiene un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=80.000$ años. Su determinación es muy importante por tratarse de un radionucleido muy restrictivo desde el punto de vista de protección radiológica, dado que es un emisor alfa con un periodo de semidesintegración muy largo.

^{210}Po

El Po-210 es un radionucleido emisor alfa con un periodo de semidesintegración de $T_{1/2}=138,4$ días. Es descendiente directo del ^{210}Pb y ^{210}Bi , que a su vez provienen de la cadena de desintegración del ^{222}Rn . Su determinación en agua se realiza mediante un autodepósito sobre disco de plata en medio reductor, citrato sódico y bismuto en baño de agua termostatzado (7). El rendimiento químico del procedimiento se determina por medio de un trazador de ^{209}Po . La medida se realiza mediante espectrometría alfa de alta sensibilidad y bajo fondo con detector de Si implantado.

^{40}K

El ^{40}K es un emisor beta-gamma con un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=1.28\text{E}+09$ años. Su determinación se realiza por espectrometría de emisión atómica, considerando que su actividad específica es de $0,02769\text{ Bq/mg}$. (2)

³H

El tritio es un emisor beta con un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=12,33$ años. Su determinación se puede llevar a cabo mediante destilación y medida directa por centelleo líquido, o por concentración electrolítica y medida por centelleo líquido (8). Mediante concentración electrolítica los límites de detección son veinte veces menor que los de medida directa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la actividad obtenida para los diferentes radionucleidos, expresada Becquerelios/L y su incertidumbre asociada para un factor de $k = 2$.

Tabla 1. Resultados del estudio radiológico del agua del Balneario de San Nicolás

<i>Análisis</i>	<i>Actividad Bq/L</i>		
	SILLERO	ALSINA	SAN MARCOS
Alfa total	4,12 ± 0,06	3,70 ± 0,05	6,80 ± 0,08
Beta total	1,20 ± 0,11	1,18 ± 0,16	1,59 ± 0,14
²³⁸ U	0,019 ± 0,003	0,34 ± 0,04	0,015 ± 0,002
²³⁴ U	0,048 ± 0,007	0,81 ± 0,09	0,033 ± 0,004
²³⁰ Th	0,0018 ± 0,0006	0,0018 ± 0,0006	0,0032 ± 0,0007
²²⁶ Ra	1,15 ± 0,16	0,98 ± 0,01	1,90 ± 0,03
²²² Rn	1,10 ± 0,07	66,29 ± 1,33	40,97 ± 1,67
²¹⁰ Po	0,10 ± 0,09	0,24 ± 0,02	0,43 ± 0,04
²³⁵ U	0,0008 ± 0,0004	0,013 ± 0,002	0,0009 ± 0,0004
²³² Th	0,0009 ± 0,0004	0,0012 ± 0,0004	0,0016 ± 0,0004
²²⁸ Th	0,0011 ± 0,0004	0,0028 ± 0,0007	0,0055 ± 0,0008
Tritio	ND	ND	ND
⁴⁰ K	0,086 ± 0,002	0,081 ± 0,002	0,090 ± 0,002

ND: no detectable

Según el Vademecum de aguas mineromedicinales españolas (9) se clasifican como aguas radiactivas las que tienen más de 67,3 Bq/L de ²²²Rn, por lo que estas aguas no deben considerarse como tales en los puntos de surgencia de Sillero y San Marcos ya que su actividad no supera estos niveles, pero sí en el de Alsina. Ninguno de los puntos de surgencia, superan los niveles paramétricos establecidos en el RD 314/2016 para las aguas de consumo humano de 100 Bq/L (10).

El valor del índice de actividad alfa total, supera el valor establecido para el cálculo de dosis indicativa (0,1 Bq/L) en el RD 314/2016. A la vista de los resultados, el ^{226}Ra y su descendiente el ^{222}Rn serían los principales contribuyentes de esta actividad.

El valor del índice de actividad beta total, también supera el valor establecido para el cálculo de dosis indicativa (1 Bq/L) en el RD 314/2016. Ni los niveles de ^{40}K ni los de tritio justifican estos índices, por lo que al igual que en el índice alfa serían los descendientes del ^{226}Ra en este caso el ^{214}Pb y el ^{214}Bi los mayores contribuyentes.

En el Vademecum de aguas mineromedicinales españolas los niveles radiactividad descritos para el Balneario de San Nicolás son superiores para el ^{222}Rn a los detectados por nosotros (190 vs 66, 3), mientras que son inferiores los índices de actividad alfa total (1,63 vs 4,9) promedio de los tres puntos y el índice de actividad beta total (0,47 vs 1,3) promedio de los tres puntos.

Como puede observarse en la tabla 2, la actividad del resto de isótopos analizados pueden considerarse normal dentro de los valores encontrados en otros balnearios estudiados. En esta tabla se muestran los valores promedios de los puntos de surgencia analizados.

Tabla 2. Relación de los resultados radiológicos de los balnearios estudiados.

BALNEARIO	Alfa total	Beta total	^{238}U	^{234}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{222}Rn	^{210}Pb	^{210}Po	^{234}U	^{232}Th	^{228}Th	^3H	^{40}K
Alange (Badajoz)	8,1E-02	2,5E-01				3,0E-02							7,0E-02	
Fitero (Navarra)	2,3E+00	2,4E+00				2,4E+00		ND	3,3E-03					
La Toja (Pontevedra)	4,8E+01	9,5E+01			3,1E+00	1,1E+01	2,7E+02	ND	7,5E+00					
Lugo (Lugo)	2,8E+01	8,3E+01				3,0E-01	1,8E-01	1,0E-01						
Blancafort (Barcelona)	ND	1,0E-01			2,2E-01	ND	1,4E+01	4,0E-03			ND			
Cofrentes (Valencia)	1,5E-01	1,0E+00			ND	1,0E-01	2,0E+00	ND					ND	
Carratraca (Málaga)	1,7E+00	1,5E+00	5,8E-02	8,4E-02	1,3E-02	5,0E-01	4,5E+01	ND		2,7E-03	8,5E-03			
El Paraíso (Teruel)	1,7E+00	2,8E+00	2,9E-02	4,2E-02	3,2E-03	1,8E+00	4,3E+01	7,0E-02	2,8E-02	1,4E-03				
Alhama (Granada)	4,8E-01	4,4E-01	7,3E-03	8,4E-03	1,1E-03	1,8E-01	8,7E+00	2,0E-02	2,0E-03	4,0E-03			ND	
Jaraba (Zaragoza)	1,1E-01	1,1E-01	2,4E-02	4,7E-02	1,1E-03	1,7E-02	ND	ND	2,8E-03	3,4E-03	4,3E-03		ND	
Cervantes (C. Real)	8,3E-02	5,8E-01	2,1E-03	3,5E-03	3,7E-03	1,3E-02	7,0E+00	ND	2,0E-03	9,0E-04	1,3E-03	2,3E-03	ND	
P. Viego (Santander)	1,5E+00	2,5E-01	1,5E-01	2,8E-01	3,3E-02	8,3E-01	1,7E+01	ND		5,8E-04	9,3E-03	9,4E-03		
Valdelateja (Burgos)	1,9E-01	2,1E-01	1,0E-03	3,8E-03	3,1E-02	8,2E-02	7,3E+00	ND	1,8E-03	nd	1,8E-02	2,1E-02	ND	ND
Alicún de las Torres (Granada)	5,9E-01	1,1E+00	2,3E-02	3,7E-02	2,9E-02	1,8E-01	1,4E+01	3,0E-02	1,1E-02	8,9E-04	ND	7,2E-03	ND	
Baños de la Concepción (Albacete)	2,5E-01	1,8E-01	1,8E-02	4,5E-02	1,0E-02	8,0E-02	3,0E-02	7,0E-03	4,0E-03	7,0E-04	ND	1,2E-02	ND	
El Raposo (Badajoz)	1,1E-01	5,0E-02	1,1E-02	5,0E-02	1,0E-02	1,0E-02	9,8E+00	8,0E-03	3,0E-03	3,0E-03	ND	8,8E-04	4,0E-04	
Villa de Olmedo (Valladolid)	8,9E-01	1,9E+00	2,7E-01	5,2E-01	9,0E-04	1,9E-01	3,1E+00	ND	2,0E-02	1,1E-02	ND	8,1E-04	ND	ND
Villavieja (Castellón)	9,9E-01	5,9E-01	5,7E-02	7,8E-02	ND	4,0E-01	1,8E+02	8,8E-02	2,0E-02	2,0E-03	ND	ND	ND	ND
S. Nicolás (Almería)	4,9E+00	1,3E+00	1,2E-01	3,0E-01	2,3E-03	1,3E+00	3,6E+01	6,0E-04	2,6E-01	4,9E-03	1,2E-03	3,1E-02	ND	8,6E-02

4. CONCLUSIONES

No se ha detectado isótopos radiactivos de origen artificial en las aguas del Balneario de San Nicolás. La actividad alfa y beta detectada es debida principalmente a la presencia de radionucleidos de origen natural pertenecientes fundamentalmente a la serie radiactivas del ^{238}U .

Las aguas del Balneario de San Nicolás pueden considerarse radiactivas en el punto de surgencia de Alsina. El radón es un gas noble y como tal desaparece en ambientes ventilados por lo que no representaría ningún problema en la utilización del agua por vía tópica o por vía oral, pero su utilización por vía inhalatoria debería hacerse asegurando una buena ventilación.

5. REFERENCIAS

1. Trinidad JA, Romero del Hombrebueno B. Determinación de la actividad alfa total en aguas por centelleo sólido (RA/PT-L501). Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente, 2015.
2. Simón MA, Heras MC, Morillas A. Determinación del índice de actividad beta total y beta resto en aguas mediante contador proporcional. (RA/PT-L204) Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente, 2015.
3. Suárez JA. Determinación de emisores gamma en muestras ambientales. (RA/PT-L301) Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente, 2013.
4. Gómez V, Heras MC, García MR. Procedimiento para la determinación de Ra-226 y Ra-224 en aguas y en suelos, mediante separación radioquímica y posterior medida alfa con contador proporcional de flujo continuo de gas o contador de centelleo (PR-X2-04). Madrid: CIEMAT, Dpto. de Impacto Ambiental de la Energía, 1994.
5. Heras MC, Gómez V, García MR, Pozuelo M, Gracia JA. Procedimiento para la separación radioquímica y determinación mediante espectrometría alfa de uranio en aguas, suelos, sedimentos y muestras biológicas. (PR-X2-09). Madrid: CIEMAT, Dpto. de Impacto Ambiental de la Energía, 1996.
6. Trinidad JA, Romero del Hombrebueno B. Determinación de torio isotópico en muestras ambientales por espectrometría alfa. (RA/PT-L503). Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente, 2016.

7. Gascó C. Determinación de Po-210 y Pb-210 en muestras ambientales por espectrometría alfa. (RA/PT-L404). Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente, 2013.
8. Romero del Hombrebueno B, Trinidad JA. Determinación de la actividad de tritio en aguas por centelleo líquido. (RA/PT-l502). CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente, 2015.
9. Vademecum de aguas mineromedicinales españolas. Madrid: Instituto de Salud Carlos III. Madrid, 2003.
10. Real Decreto 314/2016 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE nº 183, 30-07-2016.

Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de San Nicolás

Title in English: *Microbiology of the natural mineral water of San Nicolás Spa*

M.^a Carmen de la Rosa Jorge, Concepción Pintado García, Victoria Fernández García, Carmina Rodríguez Fernández

Departamento de Microbiología II, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, Madrid.

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 63-78.

RESUMEN

Se han estudiado los microorganismos autóctonos y alóctonos de las aguas mineromedicinales del Balneario San Nicolás (Alhama de Almería). No se han encontrado bacterias patógenas ni indicadores fecales en 250 mL de agua. La microbiota autóctona está constituida, principalmente, por bacterias oligotrofas Gram positivas de la clase *Firmicutes*. El sondeo Sillero, utilizado en los tratamientos, presenta un número muy bajo de bacterias viables (<10 ufc/mL) que corresponden en su mayoría a cocos Gram positivos (93,3%) y a la especie *Staphylococcus lugdunensis* (40%). El sondeo San Marcos tiene una mayor diversidad microbiana, predominando los bacilos Gram positivos de la especie *Bacillus licheniformis* (32,4%) y los bacilos Gram negativos de la especie *Cupriavidus pauculus* (16,2%). En todas las muestras se han detectado microorganismos proteolíticos, amilolíticos, nitrificantes y amonificantes, así como bacterias halófilas y del hierro. También se han estudiado los biotapetes formados en las fuentes utilizadas para bebida, constituidos por una asociación de cianobacterias filamentosas y esféricas, así como del alga *Cosmarium*.

Palabras clave: Manantial hipertermal; Microbiota autóctona; Biodiversidad; Biotapetes.

ABSTRACT

Both the autochthonous and the allochthonous microorganisms of minero-medicinal water from the San Nicolas spa (Alhama of Almería, Spain) have been analyzed. No pathogen bacteria or faecal indicators have been found in 250 mL of water. The autochthonous microbiota is mainly composed of oligotrophic Gram-positive bacteria of the *Firmicutes* phylum. The Sillero sampling, used in the spa treatments, presents a very low count of viable bacteria (< 10 cfu / mL), being the most part of them Gram-positive cocci (93.3%) of the *Staphylococcus lugdunensis* (40%) species. The San Marcos sampling presents a higher microbial diversity, predominantly Gram-positive bacilli of the *Bacillus licheniformis* (32.4%) species and Gram-negative bacilli of the *Cupriavidus pauculus* (16.2%) species. Proteolytic, amylolytic, nitrifying and ammonifying microorganisms have been detected in all samples, altogether with halophilic and iron bacteria. An analysis of the microbial mats growing in the spa drinking water sources shows that these consist of an association of spherical and filamentous cyanobacteria and the *Cosmarium* algae.

Keywords: Hyperthermal spring; Autochthonous microbiota; Biodiversity; Microbial mats.

1. INTRODUCCIÓN

El Balneario de San Nicolás se encuentra situado en el municipio de Alhama de Almería, en la zona sur de la provincia de Almería, perteneciente a la Comunidad Autónoma de Andalucía. El término municipal se encuentra en las estribaciones de la Sierra de Gádor y el valle del río Andarax en la comarca de la Alpujarra almeriense. (Figura 1).



Figura 1. Municipio de Alhama de Almería: entrada, vista general.

Las propiedades curativas de las aguas de esta localidad ya eran conocidas por los romanos y árabes que le dieron el nombre de Alhama, pero fue a finales del siglo XVI cuando se construyeron las primeras casetas de baños. En 1522, debido a un terremoto, se secó el manantial y en el siglo XIX se construyó el primer Balneario que se inauguró en 1877, declarándose ese año sus aguas de utilidad pública (1). En 1885, un nuevo terremoto aumentó el caudal y la temperatura del manantial, no afectando a las instalaciones balnearias que tuvieron continuas mejoras. Los años 20 y 30 del siglo XX fueron la época de esplendor del Balneario en la que se confirma su utilidad pública (2). Durante la Guerra Civil se destruyen las instalaciones del balneario y en 1952 resurge un nuevo edificio. El Balneario actual, que ocupa una manzana en el centro de la población, ha sido objeto de numerosas reformas desde los años 80, convirtiéndose en un lugar de referencia de la provincia (Figura 2).

El objetivo principal de este trabajo ha sido determinar los microorganismos indicadores de contaminación fecal y algunos patógenos que se transmiten por el agua que pueden suponer un riesgo para la salud de los usuarios que reciben los tratamientos terapéuticos en el Balneario. Además, por primera vez, se ha estudiado la microbiota autóctona de estas aguas mineromedicinales, con el fin de conocer su número, identidad y diversidad, así como su actividad metabólica, de gran importancia en la autodepuración de las mismas.



Figura 2. Edificio del balneario de San Nicolás.

2. RESULTADOS

2.1. Muestras

Estas aguas mineromedicinales emergen a una temperatura de 47,5 °C, tienen un pH neutro y se clasifican como hipertermales, de mineralización media, bicarbonatadas, sulfatadas, cálcicas, magnésicas y extremadamente duras (3).

El Balneario utiliza el agua mineromedicinal procedente del sondeo Sillero, que se encuentra a unos 300 metros de distancia del edificio balneario en la calle Nicolás Salmerón. Se accede por una puerta en forma de arco de herradura, bajando unas empinadas escaleras y atravesando unas angostas galerías (Figura 3). A unos 100 metros de éste se encuentra el sondeo San Marcos que se utiliza en caso necesario. El agua se capta con unas bombas y se conduce por tuberías a las instalaciones del Balneario para su uso en los distintos tratamientos.

Para realizar este estudio, se tomaron muestras, en octubre del año 2015, del agua de los dos sondeos y de las fuentes que se encuentran en el patio del Balneario y que se utilizan en bebida por los agüistas (Figura 4). También se tomaron muestras de los tapetes microbianos formados en dichas fuentes.



Figura 3. Punto de emergencia: entrada, pozo.



Figura 4. Fuente.

Las muestras de agua se recogieron en recipientes estériles de 1,5 litros, por duplicado y se trasladaron, a temperatura ambiente y en oscuridad, hasta el laboratorio, analizándolas antes de las 24 horas. Una muestra de agua y otra de biotapetes se fijaron con formol al 4% para su posterior estudio.

2.2. Microorganismos totales y vivos

La determinación del número de todos los microorganismos presentes en el agua se ha realizado por el método del recuento directo, utilizando naranja de acridina. Las muestras teñidas se filtraron por una membrana Nucleopore de 0,2 μm de diámetro de poro y se observaron y contaron las células verdes y rojas con un microscopio de fluorescencia y objetivo de inmersión (Nikon).

El número de microorganismos totales en los sondeos Sillero y San Marcos ha sido de $6,9 \times 10^3$ y $5,1 \times 10^4$ por mL y el porcentaje de vivos 30 y 52,2%, respectivamente. Estos resultados son menores a los encontrados en otros manantiales de aguas mineromedicinales extremadamente duras (4, 5, 6). Los recuentos obtenidos por esta técnica suelen ser de cien a mil veces mayores que los obtenidos por los métodos de cultivo debido a que se contabilizan todos los microorganismos presentes, incluso los muertos o sin actividad metabólica..

2.3. Bacterias aerobias viables

La determinación del número de bacterias aerobias viables se ha utilizado desde finales del siglo XIX, como indicador de la calidad del agua de bebida. En las aguas mineromedicinales, este recuento, permite conocer si el agua ha sido tratada con algún proceso de desinfección o si ha habido contaminación del acuífero. Para detectar el mayor número de estas bacterias, presentes en este tipo de aguas, hay que utilizar medios de cultivo con diferentes nutrientes, períodos de incubación largos y varias temperaturas (7, 8). En este trabajo se han determinado las bacterias heterótrofas, utilizando el medio agar extracto de levadura (9) y las bacterias oligotrofas, empleando agar R₂A (7). El recuento de estas bacterias se realizó por las técnicas de filtración con filtros Millipore de 0,22 μm y dilución en placa, e incubando a 22° C, cinco días, a 37 °C, 48 horas y a 45 °C, 24 horas. Los resultados se han expresado en unidades formadoras de colonias por mL de agua (ufc/mL). (Tabla 1).

El número de bacterias viables ha sido bajo, <10 en el sondeo Sillero y <100 ufc/mL en el San Marcos, lo que indica que los puntos de emergencia están bien protegidos. Los valores obtenidos son semejantes a los de otros manantiales extremadamente duros (4, 5). El número de bacterias termófilas, incubadas a 45 °C, ha sido menor que el de mesófilas, lo que indica que la microbiota de estas aguas está constituida por bacterias mesófilas que se han adaptado a las elevadas temperaturas del agua. Además, presentan más bacterias oligotrofas que heterótrofas, propio de aguas subterráneas donde predominan las bacterias que viven con poca materia orgánica (8).

Tabla 1. Número de bacterias aerobias viables (ufc/mL).

BACTERIAS	T ^a (°C)	MUESTRAS		
		SILLERO	SAN MARCOS	FUENTE
Heterótrofas	22	2	19	81
	37	5	6	52
	45	0	5	0
Oligotrofas	22	2	47	-
	37	4	67	-
	45	0	27	-

En este estudio hemos obtenido que las bacterias cultivables son cien veces menores que los microorganismos vivos, observados con microscopio de fluorescencia, lo que se debe a que muchas de las bacterias presentes se encuentran en el estado de viable no cultivable y no crecen en las condiciones y medios de cultivo utilizados en el laboratorio (10).

2.4. Microorganismos de interés sanitario

Las aguas mineromedicinales que se utilizan en los balnearios con fines terapéuticos, deben tener ausencia de bacterias que indiquen contaminación fecal y de microorganismos patógenos que puedan transmitirse a través del agua por vía oral, tópica o inhalatoria.

Para detectar la posible presencia de indicadores fecales se han realizado, en los dos sondeos y en el agua de bebida de la fuente, los recuentos de coliformes totales, coliformes fecales, enterococos, esporas de *Clostridium* sulfito-reductores y *C. perfringens*. Además, se ha investigado la presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Pseudomonas aeruginosa*, utilizando los métodos oficiales españoles de las aguas de consumo humano (9) y de bebida envasadas (11). También se ha estudiado la presencia de *Staphylococcus aureus*, filtrando 250 mL de agua, cultivando el filtro en caldo triptonsoja a 37 °C y aislando en agar Baird-Parker y de *Legionella pneumophila*, según la Norma ISO 11731 (12).

Ninguna muestra ha presentado microorganismos indicadores de contaminación fecal, ni bacterias patógenas (*E. coli*, *Salmonella*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* y *L. pneumophila*) en 250 mL de agua.

2.5. Microorganismos de interés ecológico

La microbiota autóctona de las aguas mineromedicinales es de gran interés ecológico ya que, debido a su gran variedad metabólica, participa en los procesos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno y azufre. Estos microorganismos transforman los compuestos orgánicos en inorgánicos, lo que contribuye a la autodepuración de las

aguas de posibles contaminantes orgánicos y mantiene el equilibrio biológico de estos ambientes hidrotermales (8).

En este estudio, se ha determinado el número de bacterias que intervienen en el ciclo del carbono (proteolíticas, amilolíticas, celulolíticas), del nitrógeno (amonificantes, nitrificantes) y del azufre (sulfato-reductoras). Se ha utilizado la técnica del número más probable (NMP) y los medios descritos en otro trabajo (13), incubando a 30 °C durante 30 días. Los resultados se han expresado como NMP de microorganismos en 100 mL de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Número de microorganismos de interés ecológico.

MICROORGANISMOS	MUESTRA	
	SILLERO	SAN MARCOS
NMP/100mL		
Proteolíticos	4,3x10	4,6x10 ²
Amilolíticos	1,1x10	2,4x10 ²
Celulolíticos	<3	<3
Nitrificantes	>2,4x10 ³	2,9x10 ²
Amonificantes	4,6x10 ²	>2,44x10 ⁴
Sulfato-reductores	<3	4,3x10
UFC/100mL		
Halófilos	14	15
Hongos	4	7

El agua de los dos sondeos ha presentado bacterias proteolíticas, amilolíticas, nitrificantes y amonificantes. Las bacterias proteolíticas detectadas hidrolizan la gelatina y se han identificado como *Rothia terreia* y *Bacillus licheniformis*. Las bacterias amilolíticas que hidrolizan el almidón son *Brevibacillus levickii* y *B.licheniformis*. En cuanto a las bacterias amonificantes que producen amoniaco de la asparagina, pertenecen a las especies *Rothia terreia* y *Cupriavidus pauculus* y las nitrificantes que oxidan el amoniaco a nitrato, son *C. pauculus*.

Los microorganismos con actividades proteolíticas, amilolíticas y amonificantes son muy abundantes en los hábitats naturales y son importantes en la eliminación de materia orgánica en las aguas subterráneas, siendo frecuente su presencia en manantiales de diferente composición química, tanto hipertermales (4, 6, 14, 15) como hipotermas (13, 16, 17, 18). Las bacterias nitrificantes son abundantes en el suelo pero también se han encontrado en algunas aguas mineromedicinales en un número pequeño (13, 15, 17, 18). Suelen ser quimiolitotrofas, aunque también se han encontrado cepas de bacterias heterótropas y en concreto, de la especie *C. pauculus*, aislada en estas aguas, que tienen la capacidad de oxidar compuestos nitrogenados, lo que, unido a su resistencia a metales pesados, podría ser utilizada en la bioremediación de ambientes contaminados (19).

En el sondeo San Marcos se han encontrado bacterias sulfato reductoras del género *Desulfovibrio* que intervienen en el ciclo del azufre y que podrían convertir

los sulfatos presentes en estas aguas en sulfuros, en ausencia de oxígeno. Estas bacterias son poco frecuentes en aguas pero se han detectado en otros manantiales mineromedicinales sulfatados (5, 6, 16, 17).

Debido a que estas aguas contienen hierro, se estudiaron las bacterias que oxidan este metal en el medio Duchon Miller (20), filtrando 100 mL e incubando a 30 °C, 15 días. En los dos sondeos se ha observado la presencia de estas bacterias que podrían producir depósitos de hidróxido férrico y obstruir las canalizaciones. Estas bacterias también se han encontrado en los manantiales mineromedicinales ferruginosos de Caldas de Bohí (21).

Se han estudiado los microorganismos halófilos moderados, utilizando agar halófilo con 15 % de cloruro sódico e incubando a 30 °C, durante 7 días. En los dos sondeos se ha detectado un número pequeño (< 20 ufc/ 100mL) de bacterias halófilas facultativas que corresponden a *Staphylococcus lugdunensis*, en el sondeo Sillero y a *Bacillus licheniformis*, en el San Marcos. Estas bacterias propias de ambientes salinos también se han encontrado en otros manantiales de mineralización media (4, 13, 15, 17).

Además, se han estudiado otros tipos de microorganismos constituyentes de la microbiota autóctona de estas aguas: cianobacterias, algas y hongos. No se han detectado cianobacterias ni algas en ninguna muestra de agua.

El recuento de hongos se realizó por el método de filtración, utilizando el medio agar Sabouraud con cloranfenicol al 0,05 %. Se ha encontrado un número bajo de hongos (< 10 por 100 mL) que corresponden a levaduras y hongos filamentosos de los géneros *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*. Estos hongos proceden del suelo pero se adaptan a las condiciones de los ambientes acuáticos. Su presencia en aguas mineromedicinales es frecuente, aunque en pequeño número (4, 5, 6, 13, 15, 16).

2.6. Identificación de bacterias cultivables

Las cepas aisladas en los distintos medios de recuento se han identificado por varias características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas descritas en un trabajo anterior (22). Además, se utilizó el sistema de identificación miniaturizado API® (bioMérieux), empleando las galerías: 20 NE para los bacilos Gram negativos no fermentadores, Staph para los cocos Gram positivos, Coryne para los bacilos Gram positivos no esporulados y 50CH para los esporulados.

En las muestras de los dos sondeos se han aislado 52 cepas de bacterias viables heterótrofas y oligotrofas, que corresponden a los tipos morfológicos de bacilos Gram negativos (34,6%), bacilos Gram positivos (36,5%) y cocos Gram

positivos (28,8%). Según la clasificación taxonómica del Manual de Bergey (23), las cepas identificadas pertenecen, en su mayoría, al *Phylum Firmicutes* (55,7%) y *Proteobacteria* (34,6%) y en menor proporción al *Phylum: Actinobacteria* (9,6%). En estas aguas se ha detectado una gran proporción de bacterias Gram positivas del *Phylum Firmicutes*, lo que coincide con lo encontrado en otros manantiales minerales extremadamente duros (5, 16, 24, 25). Los resultados obtenidos en cada sondeo se exponen en la figura 5.

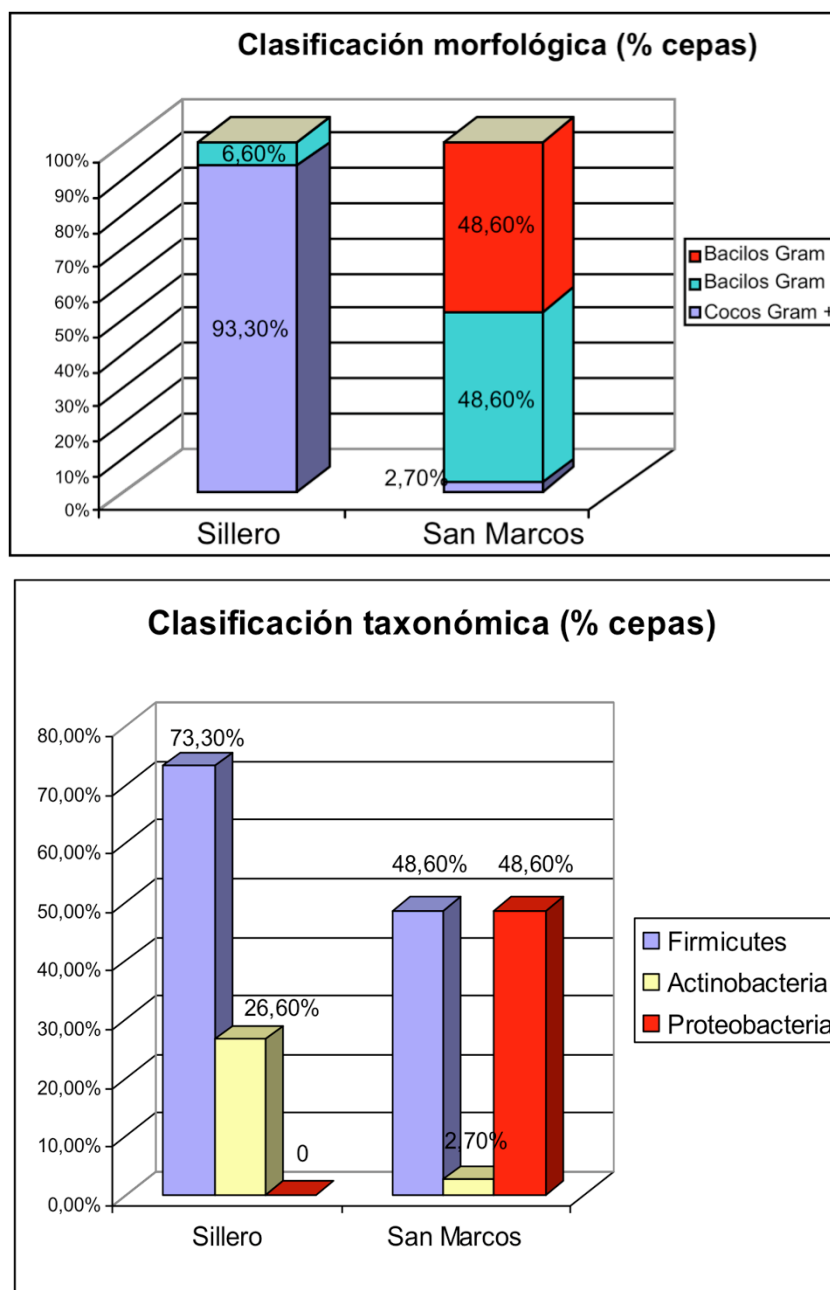


Figura 5. Clasificación morfológica y taxonómica (% cepas).

En la Tabla 3 se detallan los géneros y especies de bacterias aisladas en este manantial.

Tabla 3. Géneros y especies de bacterias (% de cepas).

BACTERIAS		MUESTRAS	
Phylum	Géneros/Especies	Sillero (N=15)	San Marcos (N=37)
Firmicutes	<i>Staphylococcus sp.</i>	6,60%	2,70%
	<i>S. lugdunensis</i>	40,00%	-
	<i>S. warneri</i>	20%	-
	<i>Bacillus sp.</i>	-	8,10%
	<i>B. licheniformis</i>	-	32,40%
	<i>B. mycoides</i>	-	-
	<i>Brevibacillus sp.</i>	6,60%	-
	<i>Paenibacillus thiaminolyticus</i>	-	5,40%
Actinobacteria	<i>Cellulomonas sp.</i>	-	-
	<i>Micrococcus luteus</i>	6,60%	-
	<i>Rhodococcus sp.</i>	-	2,70%
	<i>Rothia terrae</i>	20%	-
Proteobacterias	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	-	5,40%
	<i>Brevundimonas diminuta</i>	-	16,20%
	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	-	-
	<i>Cupriavidus pauculus</i>	-	16,20%
	<i>Desulfovibrio sp.</i>	-	5,40%
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-
	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	-	5,40%

El sondeo Sillero presenta, principalmente, cocos Gram positivos (93,3%) de la especie *Staphylococcus lugdunensis* (40%), seguido de *Rothia terrae* (20%). No se han encontrado bacterias Gram negativas, al igual que en otro manantial mineromedicinal hipertérmico (26), debido probablemente a la menor resistencia al calor de estas bacterias. La presencia de *Staphylococcus* en pequeño número, en aguas mineromedicinales es frecuente, procedentes del suelo y el aire (5, 13, 16, 22). Se ha descubierto recientemente que *S. lugdunensis* produce lugdunina, un antibiótico bactericida contra varias bacterias patógenas Gram positivas, resistentes a otros antibióticos, como *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus*, lo que puede suponer futuras aplicaciones clínicas (27). *Rothia terrae* es un actinomiceto que ha sido aislado en el suelo (28).

El sondeo San Marcos tiene una mayor diversidad microbiana. Predominan los bacilos Gram positivos de la especie *Bacillus licheniformis* (32,4%), pero también se han encontrado bacilos Gram negativos de las especies *Cupriavidus pauculus* y *Brevundimonas diminuta* (16,2%).

Los bacilos Gram positivos esporulados del género *Bacillus* han sido detectados en numerosos manantiales mineromedicinales (8, 16, 22, 25, 29), procedentes del suelo. La especie *B. licheniformis* crece en medios salinos y está ampliamente distribuido en el suelo y otros ambientes, habiéndose detectado también en el manantial del Balneario de Puente Viesgo (29). También se han identificado dos cepas de *Paenibacillus thiaminolyticus*, esta especie, incluida antes en el género *Bacillus*, es capaz de hidrolizar distintos compuestos orgánicos como el almidón y la tiamina, por lo que puede jugar un papel en la autodepuración de las aguas (30).

Los bacilos Gram negativos aislados pertenecen al *Phylum Proteobacteria* y son no fermentadores lo que es habitual en manantiales extremadamente duros (6, 13, 17). La especie *Cupriavidus pauculus* se encuentra en el agua y, actualmente, tiene un gran interés por su posible uso en biorremediación debido a su resistencia al cobre y otros metales pesados y su capacidad para metabolizar compuestos xenobióticos como el fenol (31). Anteriormente incluida en el género *Ralstonia* como *R. paucula*, fue reclasificada en 2004 e incorporada al género *Cupriavidus* (32). Como hemos indicado anteriormente, las cepas aisladas en este agua mineromedicinal tienen capacidad nitrificante, oxidando compuestos nitrogenados a nitratos, por lo que su presencia puede ser importante en la autodepuración de estas aguas para eliminar el exceso de nitrógeno. Otros autores también han encontrado cepas de *C. pauculus* con esta propiedad (19). Hemos estudiado su sensibilidad a los antibióticos ya que, como patógeno oportunista, en raras ocasiones puede ocasionar infecciones en personas inmunodeprimidas (33, 34). Todas las cepas son sensibles a trimetoprim-sulfametoxazol y ceftazidima, la mayoría a ciprofloxacino e imipenem y resistentes a amikacina, amoxicilina-clavulánico, gentamicina, ticarcilina, piperacilina y oxacilina. Estos resultados son semejantes a los publicados por Uzodi *et al* (34).

Brevundimonas diminuta, como su nombre indica, es un bacilo pequeño, antes incluido en el género *Pseudomonas*, cuyo hábitat es el agua (35).

Biotapetes

La formación de biotapetes adheridos a superficies es frecuente en ambientes acuáticos, habiéndose encontrado tanto en manantiales mineromedicinales fríos (5,13, 16), como termales (15). Están constituidos por comunidades microbianas complejas de microorganismos procariotas y eucariotas que dependen de las condiciones ambientales (luz, oxígeno, temperatura) y de la composición química del agua. La asociación simbiótica de estos microorganismos tiene muchas ventajas, ya que comparten los nutrientes, se protegen de agentes externos y metabolizan distintos compuestos, por lo que pueden vivir en ambientes desfavorables (36).

Se han estudiado los biotapetes formados en las fuentes donde los agüistas toman agua para los tratamientos hidropónicos procedente del sondeo Sillero y situadas en el patio central del Balneario. Los biotapetes son de color marrón verdoso y aspecto consistente. La identificación de su microbiota se ha realizado estudiando su morfología por técnicas microscópicas, utilizando microscopios de campo claro, campo oscuro, contraste de fase, fluorescencia y electrónico de barrido. Está formado, principalmente, por cianobacterias filamentosas (*Pseudoanabaena*) y en menor proporción, cianobacterias esféricas (*Gloeocapsa*) y algas conjugadas (*Cosmarium*) y verdes (*Chlorella*). Además, hay muchos depósitos de hierro y arcilla (Figura 6).

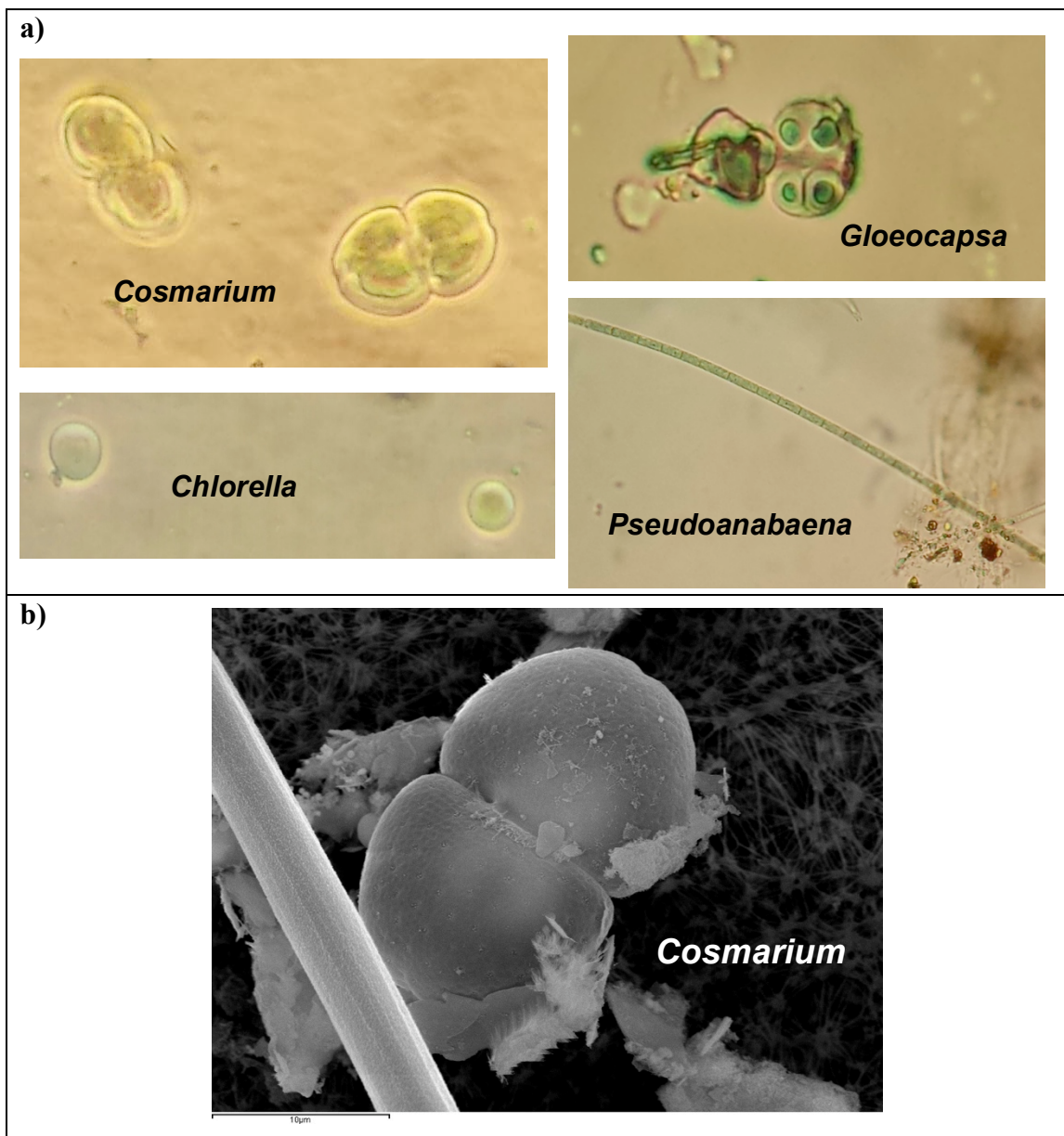


Figura 6. Biotapetes. a) Microscopía óptica de contraste de fases (40x); b) Microscopía electrónica de barrido.

Las algas conjugadas tipo *Cosmarium* están ampliamente distribuidas en las aguas dulces, donde forman parte del plancton y son importantes en la cadena trófica. Se han encontrado en otros biotapetes de aguas mineromedicinales extremadamente duras (5, 13, 16).

El microorganismo componente principal de estos biotapetes es *Pseudoanabaena*, una cianobacteria sin vaina y tabicada que con sus células alargadas, formando largos filamentos, constituye un entramado donde se alojan algunas cianobacterias esféricas y las algas. Biotapetes semejantes se encontraron en el Balneario de Alicún de las Torres (5).

3. CONCLUSIONES

En las muestras estudiadas no se han detectado indicadores de contaminación fecal ni microorganismos patógenos, por lo que cumplen con la normativa de aguas de consumo humano. La microbiota autóctona está constituida, principalmente, por bacterias oligotróficas, Gram positivas, lo que es habitual en los manantiales hipotermales. En el sondeo Sillero, utilizado en los tratamientos, predominan los cocos Gram positivos de la especie *Staphylococcus lugdunensis*. En el sondeo San Marcos hay más diversidad microbiana, siendo las principales especies *Bacillus licheniformis* y *Cupriavidus pauculus*. Se han detectado bacterias con actividad proteolítica, amilolítica nitrificante y amonificante que intervienen en los ciclos biogeoquímicos y contribuyen a la autodepuración de las aguas.

4. AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al propietario del Balneario, D. Jose María Morcillo, las facilidades dadas para la toma de muestras. Además, queremos agradecer a D^a M^a Elena Argüelles Rojo, técnico de laboratorio, su valiosa ayuda en la preparación del material de laboratorio y los medios de cultivo.

5. REFERENCIAS

1. Anónimo. Gaceta de Madrid 19/5/1877, nº 139: 525.
2. Anónimo. Gaceta de Madrid 26/4/1928, nº 117: 474-483.
3. Maraver F, Armijo F. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas. Ed. Complutense. Madrid. 2010.

4. De la Rosa MC, Andueza F, Sánchez MC, Rodríguez C, Mosso MA. Microbiología de las aguas mineromedicinales de los Balnearios de Jaraba. An R Acad Nac Farm 2004; 70: 521-542.
5. De la Rosa MC, Pintado C, Rodríguez C, Mosso MA. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario de Alicún de las Torres. An R Acad Nac Farm 2009; 75: 763-780.
6. De la Rosa MC, Pintado C, Rodríguez C. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Villavieja. An R Acad Nac Farm 2016 (en prensa).
7. Reasoner DJ, Geldreich, E. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. Appl Environ Microbiol 1985; 49: 1-7.
8. Leclerc H, Moreau A. Microbiological safety of natural mineral water. FEMS Microbiol Rev 2002; 26: 207-222.
9. Anónimo. Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero sobre Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE 2003; 45: 7228-7245.
10. Oliver JD. The viable nonculturable state in bacteria. J Microbiol 2005; 43: 93-100.
11. Anónimo. Orden de 8 de mayo de 1987. Métodos oficiales de análisis microbiológicos para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. BOE 1987; 114: 13964-13973.
12. Anónimo. Water quality. Detection and enumeration of *Legionella*. International Standard ISO 11731. 1998.
13. De la Rosa MC, Pintado C, Rodríguez C, Mosso, MA. Análisis microbiológico de las aguas mineromedicinales del Balneario El Raposo. In: Monografía nº 32. Ed. Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid. 2013; pp 6-26.
14. Mosso MA, de la Rosa MC, Vivar MC, Arroyo G, Díaz F. Microbiología de las aguas mineromedicinales del manantial del Balneario de Lugo. In: Monografía nº 20. Ed. Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid. 1994; pp 43-52.
15. Mosso MA, Sánchez MC, de la Rosa MC. Microbiología del agua mineromedicinal de los Balnearios de Alhama de Granada. An R Acad Nac Farm 2002; 68: 381-405.
16. Mosso MA, Sánchez MC, Rodríguez C, de la Rosa MC. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario Cervantes. An R Acad Nac Farm 2006; 72: 285-304.
17. Mosso MA, de la Rosa MC. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario de Baños de la Concepción. An R Acad Nac Farm 2011; 77: 57-73.
18. De la Rosa M C, Pintado C, Rodríguez C. Microbiología del agua mineral del Balneario Villa de Olmedo. An R Acad Nac Farm 2015; 81: 54-63.

19. Ramirez M, Obrzydowski J, Ayers M *et al.* Piruvic oxyme nitrification and copper nickel resistance by a *Cupriavidus pauculus* an active heterotrophic nitrifier-denitrifier. *Sci World J* 2014; 901702.
20. Guinea J, Sancho J, Pares R. Análisis microbiológico de aguas. Aspectos aplicados. Ed. Omega. Barcelona. 1974.
21. De la Rosa MC, Mosso M A, Díaz F, Vivar MC. Microbiología de los manantiales de aguas mineromedicinales del Balneario de Caldas de Bohí. In: Monografía nº 15. Ed. Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid. 1989; pp 23-30.
22. Mosso M A, de la Rosa MC, Vivar MC, Medina MR. (1994) Heterotrophic bacterial populations in the mineral Waters of termal springs in Spain. *J Appl Bacteriol.* 1994; 77: 370- 381.
23. Garrity G. *Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology*. Second ed. Vol.I. Ed. Springer. New York. 2001.
24. De la Rosa MC, Mosso MA, Díaz, F, Vivar MC, Medina MR. Microbiología de los manantiales de aguas mineromedicinales de Fitero. In: Monografía nº 18. Ed. Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid. 1991; pp: 45-60.
25. De la Rosa MC, Mosso MA, Prieto MP. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario "El Paraíso" de Manzanera (Teruel). *An R Acad Nac Farm.* 2001; 67: 173-183.
26. De la Rosa MC, Mosso MA, Vivar MC, Arroyo G. Microbiología de las aguas mineromedicinales del balneario de Blancafort. In: Monografía nº 21. Ed. Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid. 1995; pp: 45-52.
27. Zipperer A, Konnerth MC, Laux C, Berscheid A *et al.* Human commensals producing a novel antibiotic impair pathogen colonization. *Nature.* 2016; 535: 511- 516.
28. Chou YJ, Chou JH, Lin KY *et al.* *Rothia terrae* sp. Nov. isolated from soil in Taiwan. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2008; 58: 84-88.
29. De la Rosa MC, Sánchez MC, Rodríguez C, Mosso MA. Microbiología del manantial mineromedicinal del balneario Puente Viesgo. *An R Acad Nac Farm.* 2007; 73: 251-265.
30. De Vos P, Garrity G *et al.* *Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology*. Second ed. Vol. III. The *Firmicutes*. Ed. Springer. New York. 2009.
31. Watanabe T, Yamazoe A, Hosoyama A *et al.* Draft genome sequence of *Cupriavidus pauculus* strain KF709, a biphenyl-utilizing bacterium isolated from biphenyl contaminated soil. *Genome Announc.* 2015; 26: 222-315.

32. Vandamme P, Coenye T. Taxonomy of the genus *Cupriavidus*: a tale of lost and found. Int J Evol Microbiol. 2004; 54: 2285-2289.
33. Balada-Llasat JM, Elkins C, Swyers L, Bannerman T, Pancholi P. Pseudo-outbreak of *Cupriavidus pauculus* infection at an outpatient clinic related to rising culturette swabs in tap water. J Clin Microbiol. 2010; 48: 2645-2647.
34. Uzodi AS, Schears GJ, Neal JR, Henry NK. *Cupriavidus pauculus* bacteremia in a child on extracorporeal membrane oxygenation. ASAIO J. 2014; 60: 740-741.
35. Garrity G, Brenner D, Krieg N, Staley J. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Second ed. Vol. II. The *Proteobacteria*. Ed. Springer. New York. 2005.
36. Zamora A, de la Rosa MC, Mosso MA, Guijarro JF, Rodríguez C. Biofilmes, escenarios de biodiversidad. San Mil. 2009; 65: 246-253.

Condicionamientos hidrogeológicos del Balneario de San Nicolás (Alhama de Almería, Sur de España) y su influencia en las características fisicoquímicas de sus aguas

Title in English: *Hydrogeological conditionings of the Baths of San Nicolás (Alhama de Almeria, South of Spain). Influence in the water physical and chemical characteristics*

José Antonio López Geta^{1,*}, Juan José Durán Valsero², Antonio Ramírez Ortega³

¹Vocal de la Comisión de Aguas Minero-medicinales, Real Academia Nacional de Farmacia. ²Instituto Geológico y Minero de España (IGME). ³Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia *jalopezgeta@gmail.com

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 79-104.

RESUMEN

El balneario de San Nicolás se ubica en la localidad de Alhama de Almería, en la falda norte de la Sierra de Gádor, provincia de Almería, sureste de España. Constituye un balneario de aguas calientes de larga tradición histórica, como evidencian algunos de los restos romanos y árabes hallados en sus instalaciones y el entorno. El suministro de agua a los baños provenía originalmente de un manantial, que en el año 1552 desapareció como consecuencia de un importante terremoto con epicentro cercano a la población. En la actualidad, las aguas proceden de tres captaciones verticales, que perfora las rocas carbonáticas del Triás alpujárride, aflorantes en el monte Milano, en cuyas faldas septentrionales y orientales se desarrolla la población de Alhama. Hacia el valle del cercano río Andarax existen una serie de extensas plataformas travertínicas, relacionadas con el paleodrenaje natural de las aguas que alimentan los baños y de otros manantiales cercanos, alineados a lo largo de dos fallas normales de dirección N75°E y N105°E, que ponen en contacto las rocas carbonáticas triásicas del acuífero de la sierra de Gádor con los sedimentos miocenos y cuaternarios que rellenan la Depresión del Andarax. Este acuífero es explotado en otros lugares mediante sondeos profundos, con el nivel freático actual a más de cien metros por debajo de la superficie topográfica. Las aguas captadas y utilizadas por

ABSTRACT

San Nicolás Health Spa is located in the town of Alhama de Almería, on the northern slope of the Sierra de Gádor, province of Almeria, South-East of Spain. Is a spa of water hot of long historical tradition, as evidenced some of them Roman and Arab remains found. The supply of water to bathrooms came originally of a natural spring. In the year 1552 the spring disappeared as consequence of an important earthquake with epicenter close to the village. Currently, the waters are uploaded from three vertical wells located in the interior of a horizontal gallery. The gallery is built in the carbonatic Triassic rocks from Alpujárride Complex of the Milano mountain. The city of Alhama develops in North and East of the mountain. Toward the nearby valley of the Andarax River there are a series of large travertine platforms, related to the natural paleo drainage of waters that feed the baths and other nearby springs, aligned along two normal faults with N75°E and N105°E orientations, which put in contact the rocks of Triassic carbonate aquifer of the sierra de Gádor with Miocene and Quaternary sediments that fill the Andarax Depression. This aquifer is exploited by deep drilling, and the piezometric surface is now a hundred metres below the surface topography. The spa waters have a temperature exceeding 40 ° C, with low mineralization, HCO₃-SO₄ facies, some radioactivity and high content of SiO₂ and

el balneario presentan una temperatura que supera los 40°C, con una escasa mineralización, facies bicarbonatada-sulfatada, cierta radioactividad y alto contenido en sulfatos y SiO₂.

Palabras clave: acuíferos; aguas termales; Alhama de Almería; Balnearios; Cordillera Bética; travertinos.

sulfates.

Keywords: Alhama de Almería; Betic Cordillera; karstic aquifer; spas; thermal waters; travertines.

1. ANTECEDENTES

Alhama de Almería es una localidad y municipio de la provincia de Almería en la comunidad autónoma de Andalucía, situado en la Alpujarra Almeriense y el valle del Andarax. En el año 2014 contaba con 3753 habitantes. Su extensión superficial es de 26 km² y tiene una densidad de 144,35 hab/km². La localidad se encuentra situada a una altitud de 520 m s.n.m. y a una distancia de 25 km de la capital de provincia, Almería.

Esta localidad se ha denominado a lo largo de su historia como Alhama la Seca, Alhama de Salmerón y actualmente como Alhama de Almería y es conocida también por ser la localidad natal del que fuera presidente de la Primera República Española, Nicolás Salmerón Alonso (1838 - 1908) (9).

Hay pruebas evidentes de la existencia de un asentamiento romano, como atestiguan numerosos hallazgos, sobresaliendo la aparición, en 1984, de una estatua de mármol de figura femenina, "la Dama de Alhama", encontrada en las cercanías del manantial hidrotermal. También, bajo el Frontón municipal se hallaron los restos de una imponente villa romana. Esta escultura, denominada "La Dama de Alhama", corresponde a una pequeña escultura femenina (parte superior) (Figura 1) a la que le faltan las extremidades inferiores (en su totalidad), mientras que las superiores lo están solo en partes. Es de mármol blanco, de no muy buena calidad, midiendo 26,6 cm de altura por 19,28 de anchura, lo que nos indica que probablemente alcanzará una altura original de 70 cm. Caracterizada por el hieratismo frontal, parece corresponder al siglo II d.C. Ha sido interpretada como una posible ninfa del manantial de Alhama (1).



Figura 1. Escultura, torso de “La Dama de Alhama”. Pequeña escultura femenina, probablemente alcanzaría una altura original de 70 cm (modificado de Cara y Rodríguez, 1992) (1).

Al-Idrisi, famoso geógrafo árabe de la segunda mitad del siglo XII, nos ofrece algunos datos sobre la Alhama de los musulmanes: " A seis millas de Pechina está Alhama, fortaleza situada en lo alto del cerro. Los viajeros de lejanos países relatan que no existe en el mundo otra que sea más sólida ni otro lugar cuyas aguas termales manen tan cálidas. Desde todos los puntos cardinales acuden ahí enfermos que permanecen allí hasta verse aliviados de sus dolencias o completamente curados. Los habitantes de Almería venían antes a reposar con sus mujeres e hijos. Empleaban allí grandes sumas en comer, beber y otros placeres y el alquiler de una habitación podía alcanzar los 3 dinares almorávides al mes”.

Próximo a Alhama de Almería, se encuentra el yacimiento prehistórico de Los Millares, también denominado Poblado de Los Millares, está situado entre los municipios de Santa Fe de Mondújar y Gádor, a 17 km de Almería, España. Conocido como uno de los asentamientos más importantes de la Europa de la Edad del Cobre, da nombre a la cultura arqueológica de Los Millares, que se extendió por parte de Andalucía Oriental y Levante, siendo contemporánea de los también calcolíticos grupos de Vila Nova, en la desembocadura del río Tago. Esta zona arqueológica está formada por el poblado y su necrópolis, ubicados sobre la meseta del mismo nombre, que en forma de espolón queda enmarcada en sus flancos norte y este-sureste por el río Andarax y la rambla de Huéchar. El poblado contó con un importante sistema defensivo, compuesto de líneas amuralladas y un conjunto de fortines situados en pequeñas colinas al borde de la sierra de Gádor y a ambos lados de la rambla de Huéchar. La necrópolis consta de casi un centenar de tumbas colectivas, la mayoría de tipo tholos, pero también aparecen cistas, sepulcros de corredor y cuevas (Figura 2).



Figura 2. Poblado prehistórico de Los Millares.

Como antecedentes, destacar algunos hechos cronológicos relacionados expresamente con el Balneario de San Nicolás:

1874. Se constituye la Sociedad Constructora del Establecimiento de Baños Termales de “San Nicolás o Sociedad Balneario de San Nicolás de Alhama de Almería”.

1877. Se hace la Declaración de agua Termal del Balneario y de su Fuente.

1881. Se recoge la primera referencia al Balneario en la Gaceta de Madrid.

1887. Su referencia es recogida en el Libro “Elementos de Hidrología Médica” de E. Doz y A. Buille como Alhama La Seca, con 887 L/min y 46°C.

1928. El sondeo nº14 “El Sillero” aparece en la relación de Balnearios en el Apartado B) del Art.34 del R.D. Ley 743/1928 de 26 de abril de 1928, Estatuto sobre Explotación de Balnearios (Gaceta de Madrid). Y se otorga el derecho a solicitar la fijación del Perímetro de Protección, indicándose que no prescribirá y lo podrán utilizar en cualquier momento los dueños del manantial de aguas minerales.

1982. La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo dictamina que por estar incluido en la Relación del R.D. Ley del 1928 no existe inconveniente que las aguas del Balneario sigan declarándose Aguas Minero-medicinales.

1982. La Dirección General del Ministerio de Industria y Energía, con fecha 6 de diciembre de 1982 considera que sigue siendo válida la declaración de minero-medicinal.

1996. El Balneario y los Sondeos son adquiridos por Alhameña de Hostelería, S.L.

1997. La Delegación Provincial de la Consejería de Trabajo e Industria autoriza el cambio de titularidad de los derechos de explotación del sondeo nº 14 a nombre de la Sociedad Alhameña de Hostelería S.L.

2005. Alhameña de Hostelería solicita la fijación del Perímetro de Protección según R.D. Ley 1928.

2007. Se solicita la declaración de Aguas Minerales de los Sondeos 23 y 31.

2012. Se publica en el BOJA número 237 y en el BOP número 247 anuncio sobre la propuesta del perímetro de protección, sin que se presenten alegaciones..

2. EL SUMINISTRO DE AGUA AL BALNEARIO. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS CAPTACIONES

El suministro de agua a los baños provenía originalmente de un manantial que, en el año 1552, desapareció como consecuencia de un importante terremoto cuyo epicentro se encontró cercano a la población y que causó importantes efectos en la provincia de Almería, cuyas consecuencias están recogidas en el libro: *La actividad sísmica en el Reino de Granada. 1487-1535. Estudios Históricos y Documentos*, y que como recoge el ese libro (11) (Figura 3), las consecuencias más negativas sobre la localidad de Alhama fue la desaparición de los manantiales y la emigración de los vecinos, y Alhama paso a denominarse Alhama La Seca, nombre que mantuvo durante los siglos XVI a XIX. Con fecha 1 de octubre de 1880, la Gaceta de Madrid, recogió la Real Orden por el que S.M. El Rey resuelve que desde ese momento se designe como Alhama de Almería en sustitución de Alhama La Seca.

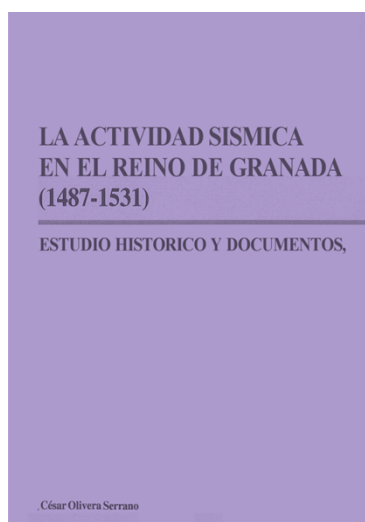


Figura 3. Libro *La actividad sísmica en el Reino de Granada. 1487-1535. Estudios Históricos y Documentos* (11).

En la actualidad, las aguas proceden de tres captaciones o sondeos verticales, dos emboquillados en el interior de una galería horizontal (Figura 4) que perfora las rocas carbonáticas del Trías alpujárride aflorantes en el monte Milano, en cuyas faldas septentrionales y orientales se desarrolla la población de Alhama. En la tabla 1, se recogen las principales características técnicas de los tres sondeos de abastecimiento al Balneario, números 14 (El Sillero), 23 (San Marcos) y 31 (El Niño).



Figura 4. Acceso a la galería donde se sitúan los sondeos de captación números 14 y 23.

Tabla 1. Características técnicas de los sondeos de abastecimiento al Balneario.			
CARACTERISTICAS	SONDEO 14. EL SILLERO	SONDEO 23. SAN MARCOS	SONDEO 31. EL NIÑO
Profundidad (m)	220 *	400	250
Tª agua (°C)	35-50	43,4	43,4
Nivel Estático (m)	143,03 (enero- 2010)	157,18	117,71
Diámetro (m)	0,45	0,45	0,45
Cota sondeo (m s.n.m)	526,54	532,70	509,28
Profundidad bomba (m)		170	170
Potencia bomba (CV)		150	160
Coordenadas UTM	X=538.224 Y=4.090.431	X=538.200 Y=4.090.455	X=538.200 Y=4.090.602

*A los 21,56 m se conecta con una galería con el sondeo 24 (14).

Desde las captaciones situadas tanto en el interior de la galería, como la situada en el exterior, existe una red de conducciones que llevan las aguas hasta el aprovechamiento en el Balneario (Figura 5).

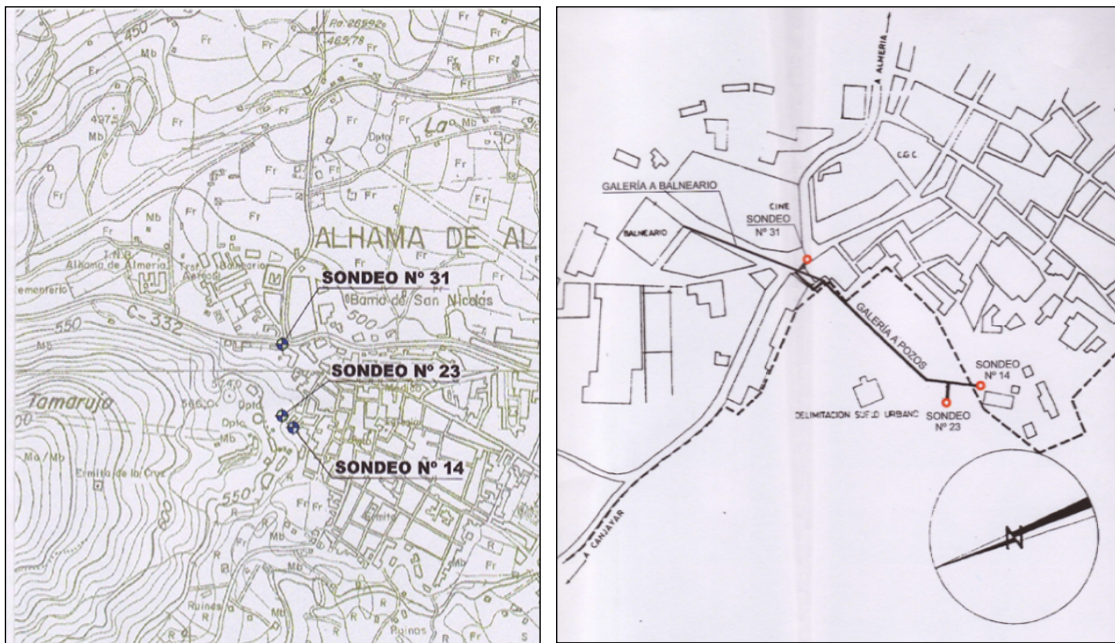


Figura 5. A la izquierda situación de los sondeos de abastecimiento al Balneario de San Nicolás, en pleno núcleo de población, y a la izquierda red de conducciones a través de las calles del municipio (12).

2. EL BALNEARIO DE SAN NICOLÁS EN EL MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La actual Propiedad del Balneario ha llevado a cabo una serie de estudios, con el objetivo de establecer el perímetro de protección de las diferentes captaciones que abastecen al Balneario. De entre estos, destacar los trabajos “Estudio hidrogeológico y propuesta de protección de las aguas termales del pozo nº 23 del Balneario de San Nicolás de Alhama de Almería, 2009 (12)”, “Estudio hidrogeológico y propuesta de protección de las aguas termales del pozo nº 31, 2009 (13)” y “Estudio hidrogeológico del sondeo 14, el Sillero, del Balneario de San Nicolás. Alhama de Almería (Almería), mayo 2010 (14) y Adenda, junio 2011 (15). Con anterioridad, en los años 1990 y 1991, el IGME realizó el estudio “Evaluación del estado actual de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Estudio de detalle de la provincia de Almería. Tomo I” (8), donde se dedica un capítulo al Balneario de San Nicolás de Alhama de Almería.

Las mencionadas captaciones se emplazan en el Dominio cortical del Alborán (12, 13, 14), en el que se desarrolla el Orógeno Bético, donde se sitúan las Zonas Subibérica o Externa, en la posición más septentrional y la Bética o Interna en la parte más meridional, localizándose en esta última un conjunto de unidades apiladas, denominadas complejos Maláguide, Alpujárride y el Nevado-Filábride (2) (19) (Figura 6).

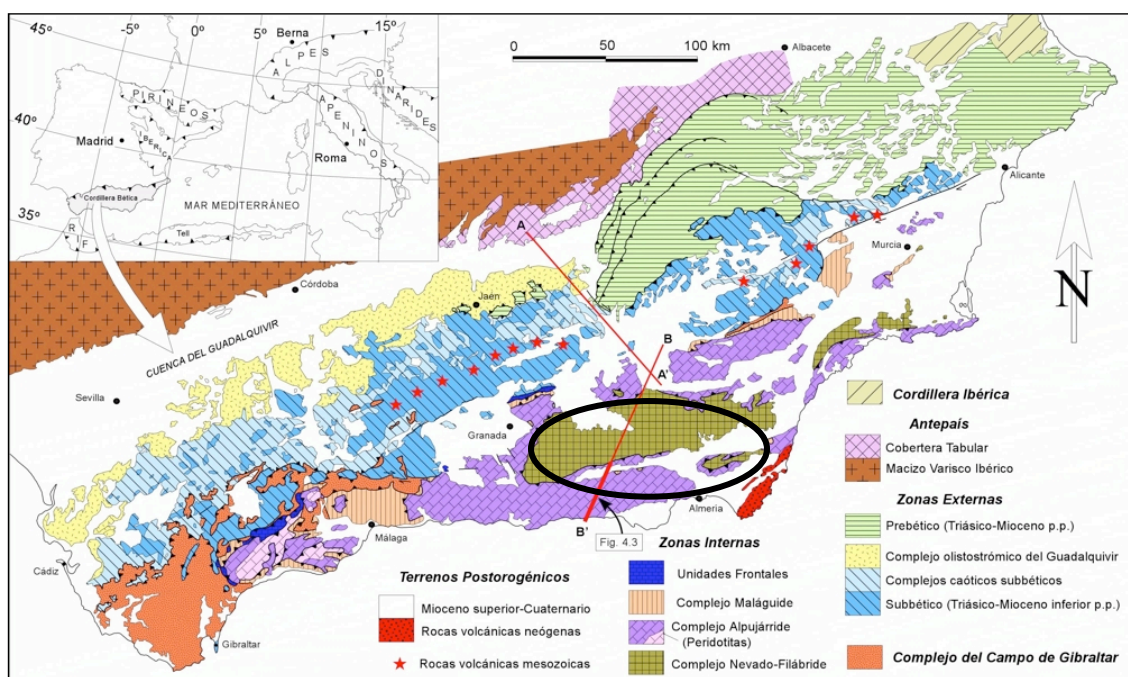


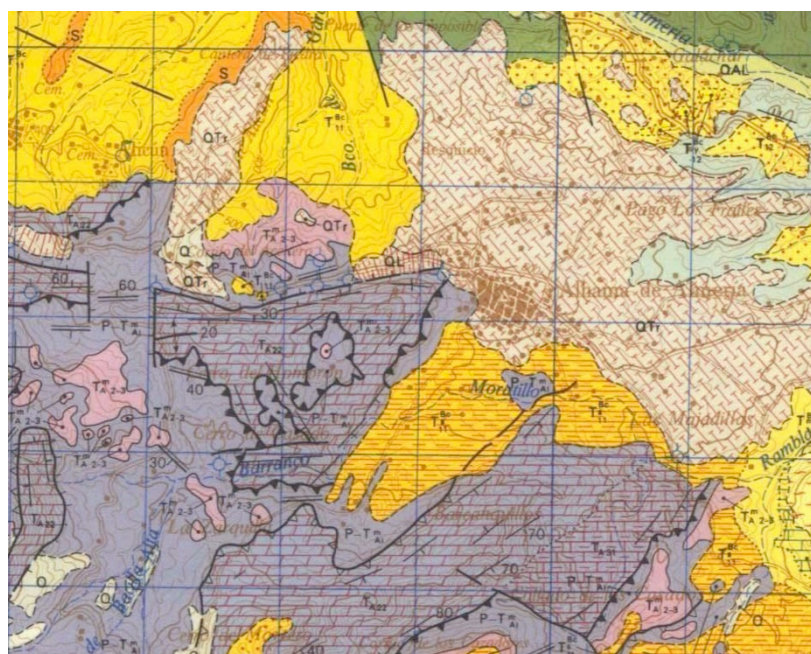
Figura 6. Mapa de localización de las zonas Externas e Internas, y de los complejos Maláguide, Alpujárride y el Nevado-Filábride.

De esas unidades, el Complejo Alpujárride (8), cabalgando sobre el Nevado-Filábride aflora en la mayor parte de la vertiente Norte de Sierra de Gádor, en el Valle del Andarax. Se distinguen dos mantos tectónicos superpuestos: el manto de Gádor en posición inferior y el de Félix en la Superior.

La base del manto de Gádor aflora únicamente en la vertiente sur de Sierra de Gádor y está formada por filitas y cuarcitas de edad permotriásica y arriba se disponen calcoesquistos de unos 150-200 m de espesor, dolomías y calizas que cubren extensas áreas en Sierra de Gádor y en afloramientos en Sierra Nevada.

El manto Félix, aflora principalmente al pie de Sierra de Beires y en el área de Alhama; consta de una base de micasquistos paleozoicos, sobre los que se disponen filitas, cuarcitas, argilitas y pelitas de tonos azulados, coronando la serie un paquete carbonatado (dolomías y calizas) de edad triásica.

Sedimentos neógenos litorales y de plataforma cubren localmente a los materiales alpujárrides. Las facies más frecuentes son las de areniscas conglomeráticas y las de margas y yesos.



LEYENDA

TERRENOS POST-MANTOS

CUATERNARIO									
TERCIARIO	NEÓGENO	PLEISTOCENO							
		PLIOCENO							
		MIOCENO	SUPERIOR	ANDAL.-MESSIN.					
				TORTONIENSE					

MALAGUIDE

PAL.	JURASICO	P-J
	TRIASICO	
	PERMICO	

ALPUJARRIDES

UNIDADES DEL MANTO DE MURTAS (Dr. FELIX)

TRIASICO	SUPERIOR		T ₂₋₃
	MEDIO		
	INFER.	WERFENIENSE	P-T ₂
PERMICO			
PALEOZOICO			CA-P

UNIDADES DEL MANTO DE LUJAR (SIERRA DE GADOR)

TRIASICO	SUPER.	CARNIENSE	T_{A1}	21
	MEDIO	LADINIENSE		
			ANSIENSE	T_{A1+2}
	INFER.	WERFENIENSE		
PERMICO			$P-T_{A1}$	

- Q Indiferenciado
- QAL Aluviones
- QT Terrazas fluviales
- QL Depósitos de laderas
- QTr Travertinos
- QG Gredas, Conglomerados y arcillas
- Q₁ Conglomerado de cantos angulosos
- Q₂ Conglomerado de cantos angulosos, arcillas y limos
- Q₃ Conglomerado de cantos redondos, arenas
- T₁¹ Arcillas rojas y conglomerados
- T₁² Conglomerados y arenas con Ostrea y Balanus
- T₁³ Calizas de algas o arrecifes
- T₁⁴ Margas
- T₁⁵ Yesos
- T₁⁶ Margas, arenas y conglomerados
- T₁⁷ Conglomerados, limos y arcillas
- T₁⁸ Margas, intercalaciones areniscas turbiditas (S)
- T₁⁹ Margas arenosas con yeso, calcarenitas conglomeráticas
- T₁¹⁰ Calcarenitas conglomeráticas
- T₁¹¹ Calcarenitas
- P-J Calizas, dolomías, areniscas, conglomerados, pizarras y pelus

T₂¹ Dolomías, calizas y calcosquistos

P-T₂ Filitas, cuarcitas, argilitas y yesos

C.A.-P Micasquistos, Cuarcitas

T₂¹ Calizas, marga-calizas y argilitas

S¹ Metabasitas

T₂² Dolomías oscuras (facies franciscana), calizas y brechas

T₂³ Calcosquistos, argilitas, margas y dolomías

P-T₂ Filitas, cuarcitas, argilitas y calizas

Figura 7. Mapa geológico y leyenda del entorno del municipio de Alhama de Almería, donde se observan los diferentes materiales aflorantes, que van desde las calizas, margocalizas y dolomías de la Unidad de Gádor, filitas y cuarcitas y travertinos (20).

El complejo Alpujárride, la estructura general del macizo (Figura 7) es de tipo anticlinorio, de dirección Oeste-Suroeste a Este-Noreste, incurvado hacia el Sureste a la altura de Félix. Después de unas fases de deformación, los dos mantos alpujárrides, así como la mayor parte de los depósitos postmanto han sido afectados por fallas normales, cuya dirección más importante es la Noroeste-Sureste. Fallas de este tipo limitan la Sierra con las depresiones del Andarax y de Almería. El límite de la Sierra de Gádor con la depresión del Andarax está constituido por una falla de desgarre (falla de Illar-Alhama-El Alquíán) que desplazó relativamente el bloque hundido hacia el Sureste, resaltando la trascendencia que este accidente puede tener desde el punto de vista hidrogeotérmico.

Los materiales carbonatados, calizas y dolomías grises o negras, se presentan, bien con aspecto masivo o estratificado en capas de pequeño espesor (Figura 8, izquierda). En el conjunto de fallas presentes, con frecuencia se observan planos de falla como puede verse en la figura 8, derecha.

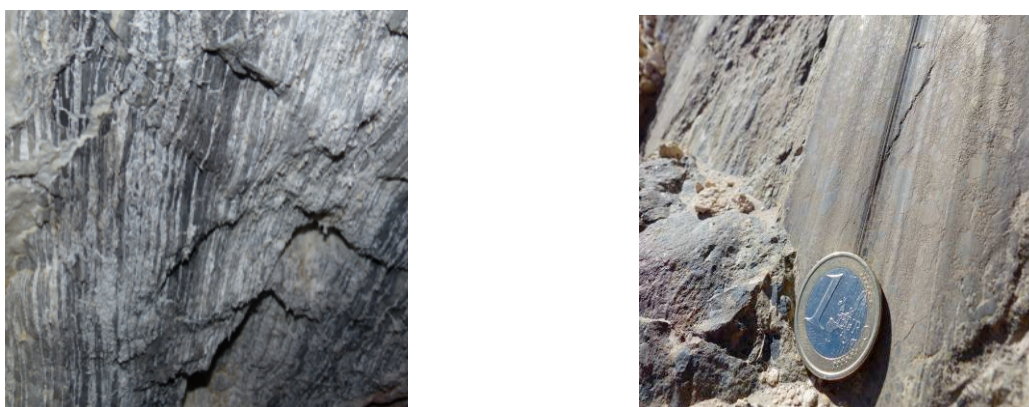


Figura 8. Detalle de los materiales carbonáticos (izquierda) y plano de falla con estrías subverticales (derecha).

Hacia el valle del cercano río Andarax existen una serie de extensas plataformas travertínicas, relacionadas con el paleodrenaje natural de las aguas que alimentan los baños y de otros manantiales cercanos, alineados a lo largo de dos fallas normales de dirección N75°E y N105°E, que limitan el acuífero carbonático de la sierra de Gádor con los sedimentos mio-cuaternarios que rellenan la Depresión del Andarax (3, 4, 5, 6 y 7). Dichos edificios travertínicos se presentan actualmente deslizados parcialmente sobre los materiales terciarios de la depresión del Andarax (Figura 9).

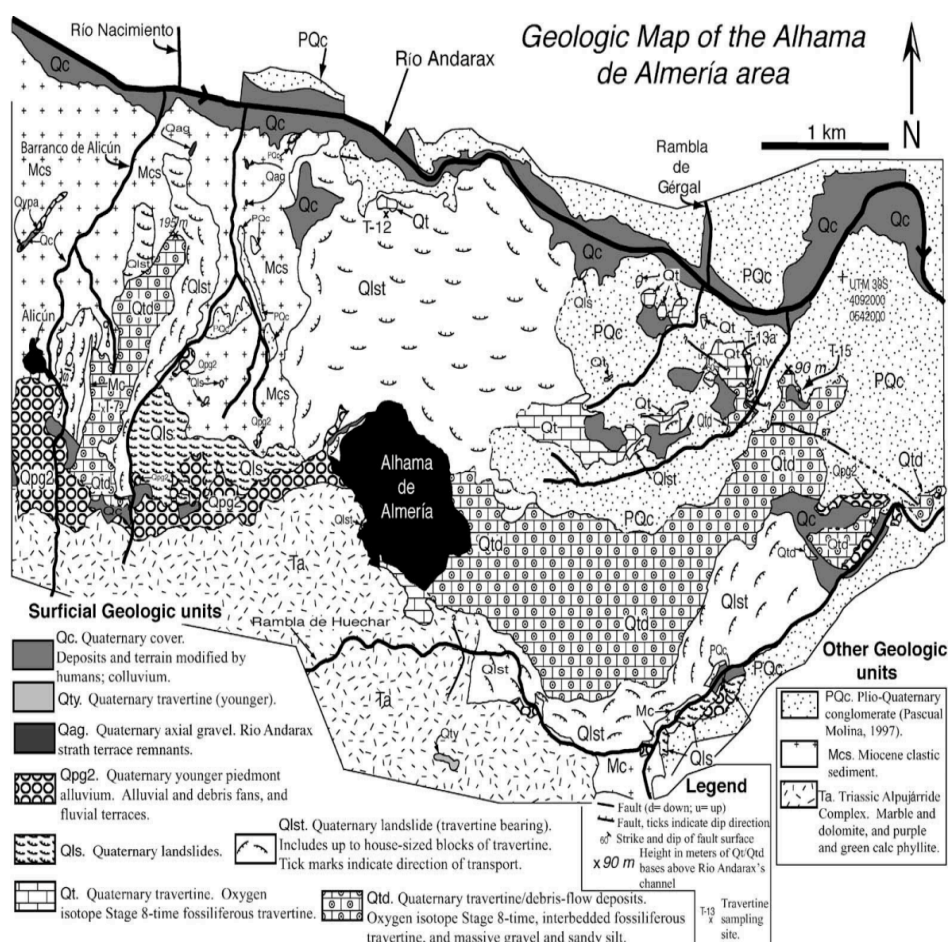


Figura 9. Mapa geológico del área de Alhama de Almería (2).

Las plataformas travertínicas destacan en el paisaje por su morfología tabular. Las dos más importantes se encuentran al este de la localidad de Alicún, orientada S-N y al este de Alhama de Almería. Con un desarrollo en planta irregular. La edad de dichos travertinos ha sido establecida por García *et al* (2003), en los estadios isotópicos 8 (frío, 300-240 Ka B.P.) y 9 (cálido, 60-300 Ka B.P.) mediante dataciones por el método de las series de Th/U (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis geocronológico de los travertinos de Alhama de Almería (Fuente 2).

Th/U analyses of travertine-fossilized plant stems collected in the eastern EAC

Sample, elevation of sampling site, map unit	U (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Age (ka)
T-7, 540 m, Qtd	0.72 ± 0.02	1.11 ± 0.03	70.5 ± 10.1	0.95 ± 0.03	276 ± 40
T-12, 385 m, Qlst	1.81 ± 0.04	1.01 ± 0.02	168 ± 25	0.97 ± 0.03	354 ± 76
T-13a, 325 m, Qt	1.30 ± 0.03	1.04 ± 0.03	101 ± 16	0.91 ± 0.03	248 ± 29
T-15, 310 m, Qtd	0.89 ± 0.02	1.04 ± 0.02	90.9 ± 12.2	0.94 ± 0.02	282 ± 34
BFC-1, 585 m, Mt	—	—	—	—	>350

Uncertainties are standard deviations derived from counting statistics. Samples T-n were collected near Alhama de Almería (Fig. 10). Sample B-1 was analyzed by Laboratorio de Radiochronología del Instituto Jaume Almera, CSIC, Barcelona, Spain.

Los materiales travertínicos son explotados en canteras, de las que extraen bloques de rocas que son posteriormente transformados en láminas de diferentes

espesores que se utilizan en la construcción, especialmente en fachadas de casas, por sus colores diversos (21) (Figura 10).



Figura 10. Arriba a la izquierda, plataformas de travertinos que se forman en la margen oriental de la Sierra de Gádor; a la derecha, una de las canteras de las que se extraen los bloques de travertinos. Abajo, izquierda, fábrica de trasformación de los bloques en láminas; a la derecha, diferentes láminas de espesores y colores diversos, dependiendo del contenido en hierro de las aguas que han dado lugar a travertinos.

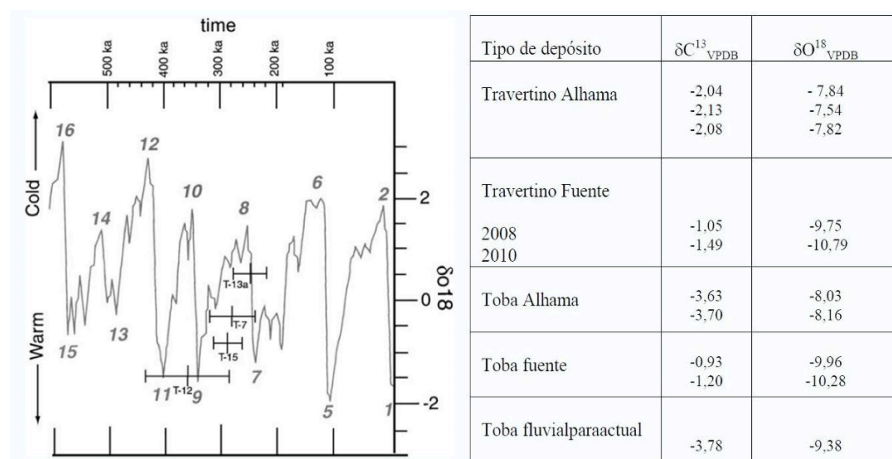


Figura 11. Interpretación paleoclimática de los análisis isotópicos de los travertinos (2).

Por su originalidad, destacar del interior de la galería, la presencia de unas incrustaciones blancas (Figura 12) que prácticamente se desacen al tocarlas, que tras su análisis por difracción de rayos X, ha resultado estar compuesta como principal mineral por la STARKEYITA que corresponde a la masa blanca antes comentada formada por sulfato de magnesio hidratado ($\text{Mg SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), especie mineral poco frecuente, además se encuentra como componente secundario, Yeso y como minerales accesorios Cuarzo y Blodita ($\text{Na}_2\text{Mg (SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), y trazas de MELANTERITA ($\text{Fe SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

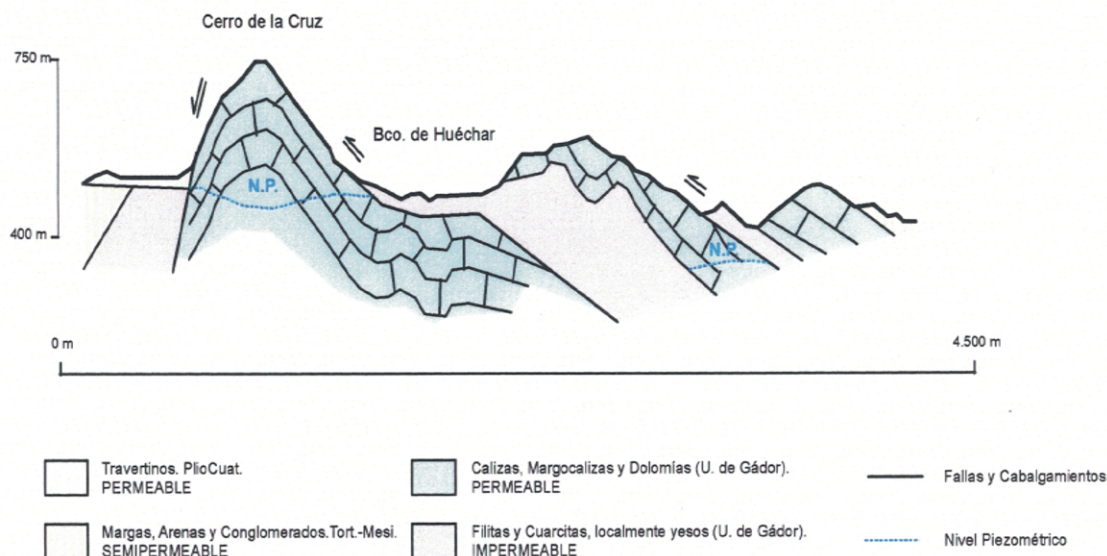


Figura 12. Eflorescencias de starkeyita en la galería de acceso a los sondeos del Balneario.

3. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO. ORIGEN DE LA PRESENCIA DE LOS MANANTIALES APROVECHADOS EN LOS BAÑOS

En las inmediaciones del sector de Alhama de Almería, la principal formación acuífera la constituye el paquete carbonatado de edad triásica del manto de Gádor, que al oeste de Alhama muestra una potencia de acuífero saturado superior a 200 m, no conociéndose la profundidad a la que se encuentra la base impermeable del acuífero (filitas y cuarcitas permotriásicas), aunque se estima superior a 300 m. En la sierra de Gádor se han diferenciado ocho subunidades, situándose el Balneario en la de la vertiente norte. Las frecuentes fracturas y presencia de tramos menos permeables dan lugar a que el comportamiento hidráulico del acuífero sea heterogéneo, con saltos piezométricos bruscos, con valores de transmisividad distintos según las zonas y diversos grados de afección de unas captaciones a otras según se hallen en distinto o en el mismo bloque. En el tramo entre Canjáyar y Alhama no existe conexión entre el acuífero y el río Andarax, por efecto de la presencia de margas miocenas que sellan el acuífero dolomítico, de forma que el acuífero se descargaba en este contacto por galerías y manantiales, la mayoría de los cuales se han secado por efecto de los años de sequía y por incremento de los bombeos. En la

zona entre Alhama y Almería, el acuífero triásico, por el efecto de la erosión y de la tectónica, tiene un marcado funcionamiento en bloques acuíferos, entre los que existe escasa conexión. Los límites con las depresiones del Andarax y de Almería son las fallas de borde de la Sierra, aunque en el área de Viator -Huercal de Almería se capta el acuífero debajo de la cobertera terciaria. En el sector de Alhama, las cotas piezométricas pueden oscilar entre 280 y 350 m (Figura 13).



En su estado inicial, el acuífero se descargaba en su borde con la depresión terciaria, por una serie de manantiales, como pone de relieve la existencia de formación de travertinos en Alhama, como se ha descrito anteriormente. Entre estos manantiales estaban los baños de Alicún, hoy secos, y los baños de Alhama, que originariamente era un manantial. Con el paso del tiempo, debido fundamentalmente a la extracción de agua en el sector, estos manantiales se han ido secado, como sucedió con el manantial-galería aprovechado por el Balneario, lo que hizo necesario, primeramente, construir un pozo en el fondo de la galería, y posteriormente, a finales de los sesenta o principio de los setenta del pasado siglo XX, realizar varios sondeos en el entorno de la galería primitiva, cuyas características se han descritos anteriormente.

La descarga del acuífero carbonatado en el Alto Andarax (tramo Laujar-Alhama) se produce por manantiales situados por encima o en el mismo cauce del río Andarax, y drenajes subterráneos ocultos. A estas salidas hay que añadir las que se realizan artificialmente por captaciones subterráneas que se sitúan a lo largo y ancho de toda la sierra (Figura 14).



Figura 14. Casetas, en cuyo interior se sitúa uno de los numerosos pozos ubicados en el acuífero.

La recarga de las formaciones acuíferas se produce por infiltración directa del agua procedente de la lluvia y localmente por infiltración de la escorrentía superficial de Sierra Nevada al atravesar afloramientos carbonatados en Sierra de Beires.

En el sector de la Sierra de Gado, con las muestras tomadas el 16 de noviembre de 2011 (Fuente: CEDEX y TECO S.L.), en los sondeos de abastecimiento al Ayuntamiento de Alhama de Almería, a la Comunidad de Regantes de Huécija, situado al oeste de Alhama y al suroeste de Huécija, y al sondeo número 14 del Balneario, se ha estimado, empleando el ^{18}O y 2H , que la recarga se origina entre las cotas 1200 y 1600 m s.n.m.; y que la edad del agua, datada con C^{14} , puede estimarse en 16.649 ± 314 años.

Se ha dispuesto del inventario de puntos realizado por la Propiedad (12,13, 14 y 15) y de los disponibles en la Base de puntos de agua del Instituto Geológico y Minero de España. De esos inventarios se han seleccionado los puntos que se recogen en la tabla 3 y en la figura 15, agrupados por sectores homogéneos.

La tabla, entre otra información, refleja que los niveles piezométricos, abarca un abanico de valores que se sitúa entre la cota 247.54 m s.n.m. en el sondeo de Huechar y los 410 m s.n.m. en el sondeo Humbrión.

Tabla 3. Inventario de puntos de agua del entorno de Alhama de Almería.

Sectores homogéneos	Denominación	X	Y	Z	Profundidad del agua	N. P. (m s.n.m)
S-1	Ayuntamiento	538.035	4.090.543	549,23	163,25	385,25
S-2	El Sillero	538.224	4.090.431	526,54	147,52	379,02
S-2	San Marcos	538.200	4.090.455	532,78	155,52	377,16
S-2	El Niño	538.200	4.090.602	509,28	122,22	387,06
S-2	Cementerio	537.837	4.090.644	545	155,77	389,23
S-3	La Tara	536.777	4.090.398	558,00	176,50	381,50
S-3	Terque1	537.163	4.090.486	550,00	224,00	326,00
S-3	Humbrión 1	536.299	4.090.282	603,00	220,00	383,00
S-3	Humbrión 2	536.512	4.090.210	650,00	240,00	410,00
S-3	Humbrión 3	535.811	4.090.39	635,00	240,00	395,00
S-4	San Isidro	535.143	4.090.639	535,00	135,00	400,00
S-4	SAT 282	535.139	4.090.588	550,00	150,00	400,00
S-4	C. Conservación	534.767	4.090.875	522,00	129,61	392,39
S-4	Los Molinicos	534.091	4.091.137	510,00	123,11	386,89
S-4	La Mejora	533.254	4.092.675	450,00	70,00	380,00
S-5	Abastecimiento Alhama	537.332	4.089.290	528,00	147,00	381,00
S-6	Huéchar	539.941	4.089.080	345,00	97,46	247,54

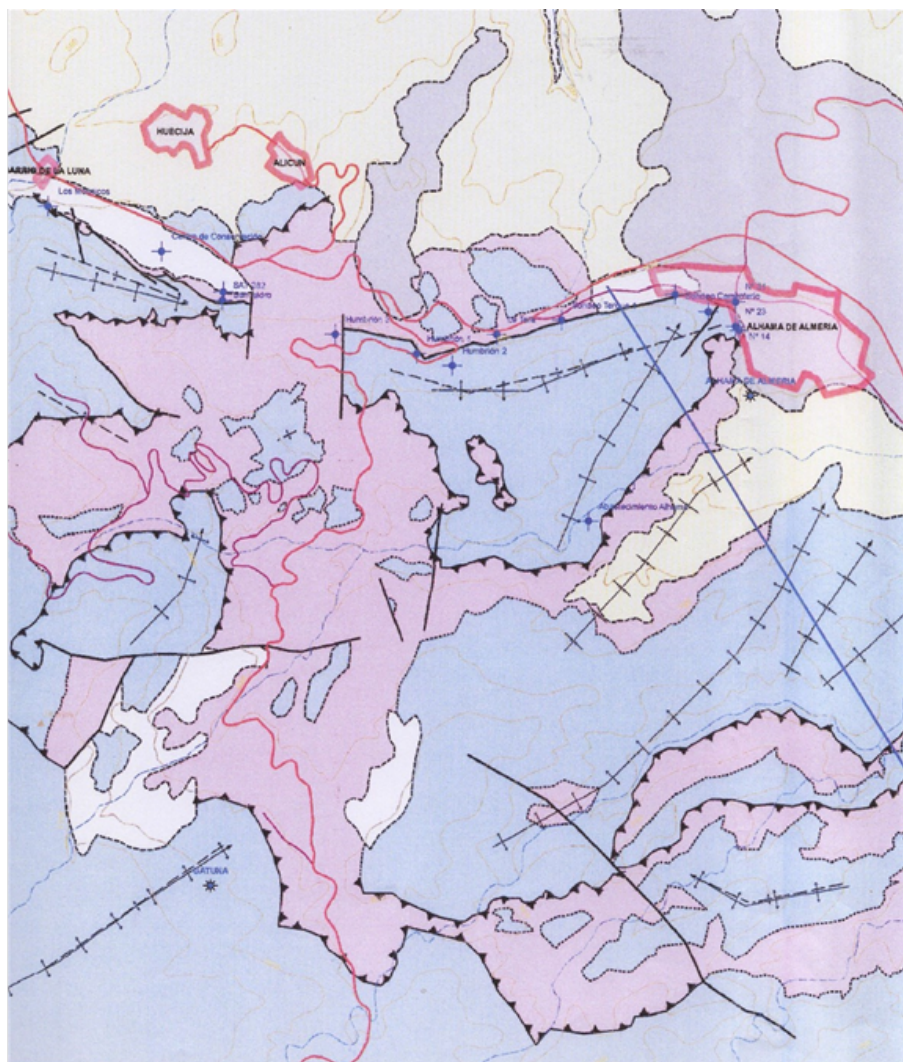


Figura 15. Mapa hidrogeológico del entorno de Alhama de Almería, y ubicación de los puntos de agua recogidos en la tabla 3 (10).

4. COMPOSICIÓN FISCOQUÍMICA Y TEMPERATURA DE LAS AGUAS. SU ORIGEN

Las aguas que discurren por el acuífero tienen su origen en las aguas de lluvia que se infiltran y llegan al acuífero, adquiriendo a lo largo de su trayectoria, hasta salir a la superficie, una composición físico-química (7, 16, 17, 18) que dependa de las características litológicas de los terrenos por los que ha circulado, acompañada de una temperatura, que dependerá del gradiente geotérmico adquirido de forma natural, o acompañada de cierta anomalía térmica tras circular a una profundidad importante, favorecido por las fallas existentes. Esta anomalía, respecto al valor natural, favorece su aprovechamiento como agua termal, además de mineromedicinal (Figura 16).

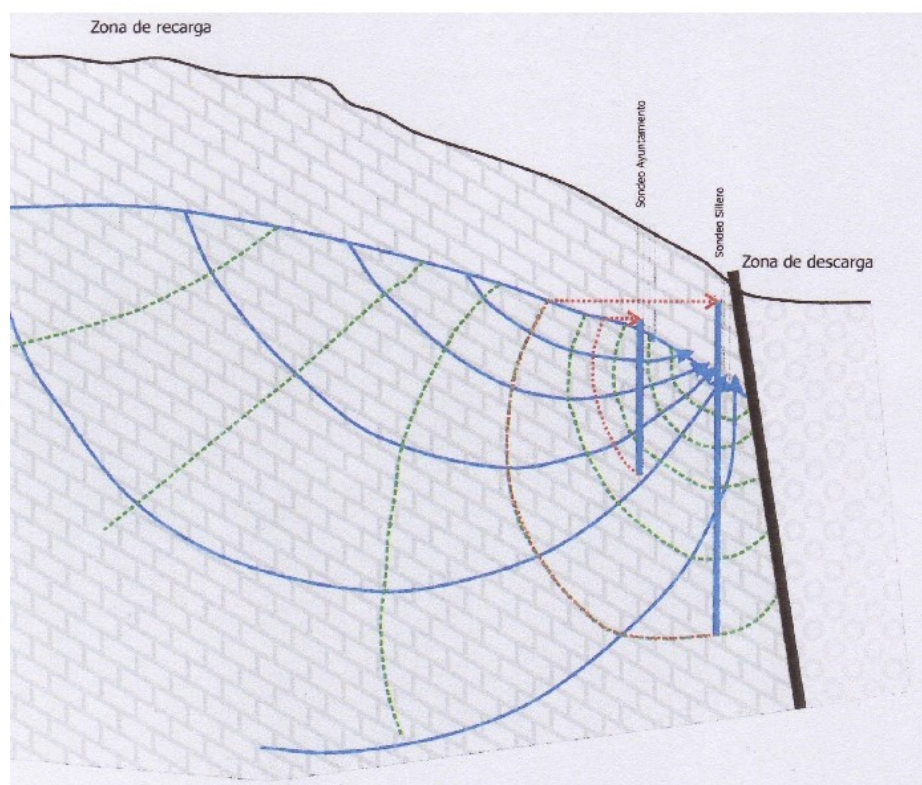


Figura 16. Trayectoria de las Líneas de flujo en el entorno de la zona de descarga del acuífero

En el caso de las aguas del Balneario de San Nicolas, la presencia, en la serie estratigráfica alpujárride de intercalaciones yesíferas, permite explicar el contenido en sulfatos, más elevado que el habitual en otros acuíferos carbonáticos. Los análisis disponibles ponen en evidencia una modesta mineralización, con una facies sulfatada o bicarbonatada-sulfatada y cierta radioactividad (Tabla 4).

Tabla 4. Composición fisicoquímica de las aguas de los sondeos de suministro al Balneario y su entorno.

Parámetros	SONDEO 23 (1)	SONDEO 31 (1)	SONDEO 14 (2)	AYTO.ALHAM A (2)	SONDEO Balsa (2)	ADARÓ 1990
Conductividad (20º C)	906	813				
Residuo Seco (180º)	672,4	602,				
pH	7,23	7,52				
Cl mg/L	24	18	23	13	13	21
SO ₄ mg/L	262	206	257	224	235	247
CO ₃ H mg/L	298	285				279

F mg/L	1,5	1,6	1,38	1,15	1,05	1,5
SiO ₂ mg/L	27,8	29,5				15,5 y 25 (in situ)
Radioactivi dad α total (Bq/L)	1,366±0,15 0	2,265±0,19 3				
Radioactivi dad β total (Bq/L)	0,256±0,62	1,066±0,86				
Tritio (UT)			0,00+-0,2	0,28+-0,22	0,14+- 0,21	
Deuterio ‰			-57,74	-56,38	-58,48	
O-18 ‰			-9,10	-9,10	-8,95	
mg/L	SONDEO 23 (1)	SONDEO 31 (2)	SONDEO 14 (2)	AYTA. ALHAMA (2)	SONDEO BALSA (2)	ADA RO 199 0
Na	26	20	23,1	10	10,6	19
K	3	3	3,4	1,8	1,8	2
Ca	120	111	100,8	112,1	118,1	123
Mg	53	42	50,7	60,2	63,1	46
Fe	48	209				
Mn	10	10				
As	23	53				
B	72	77				
Ba	46,8	54,1				
Li			0,08	0,02	0,02	
(1) Muestras analizadas en los laboratorios IGME (Fecha ensayo: 19/07/2010-23/08/2010), y (2) en el CEDEX (Fecha 16/11/2011) (14)						

En cuanto a las facies químicas de las aguas (8), en dicho estudio, se concluye, comparando muestras de distintas fechas años 1969, 1972, 1975 y 1990, que dentro de la homogeneidad que presentan los diferentes análisis, las variaciones más importantes corresponden al ión $\text{SO}_4^{=}$. La justificación a las importantes variaciones en el contenido de $\text{SO}_4^{=}$ en un agua de origen profundo, probablemente radica en que los yesos sólo aparecen hacia el final del circuito de salida, lo que a su vez justificaría que

la mineralización se mantenga en un nivel moderado (872 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Según los datos aportados por el análisis de 1990 (Cuadro 4), el agua resulta sulfatada-bicarbonatada cálcica, pero en los análisis anteriores aparece como bicarbonatada sulfatada. Estas variaciones se justifican por estar relacionadas con facies evaporíticas -yesos- sobre el agua. En esta comparación, se indica que en acuíferos carbonatados con cierta influencia evaporítica, la relación $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 + \text{SO}_4 / \text{Ca} + \text{Mg}$ es muy próxima a la unidad (0,98); no así las que resultan características de facies calizo-dolomíticas ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3/\text{Ca} = 0,74$; $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3/\text{Ca} + \text{Mg} = 0,46$) o propiamente evaporíticas ($\text{SO}_4/\text{Ca} = 0,84$, $\text{Cl}/\text{Na} = 0,72$).

La temperatura de surgencia en el sector de Alhama de Almería es de 40°C y viene explicada por el emplazamiento de la surgencia, directamente sobre las dolomías y muy cerca de la Falla Alhama-Illar. Teniendo en cuenta la definición de grado geotérmico, 3°C por cada 100 m, en el sector de Alhama no se justificaría la temperatura de surgencia (55°C), probablemente la profundidad alcanzada por el almacén triásico de la Unidad de Gádor no sea suficiente (teniendo en cuenta que aquí la potencia de la serie carbonatada es mucho menor), aunque podría seguirse aduciendo un simple calentamiento por grado geotérmico normal, dado que gracias a la existencia de la falla Alhama-Illar, es muy posible la circulación de aguas a través de la superficie de la misma y a profundidad suficiente, sin necesidad de apelar a la comunicación con otros acuíferos más profundos. Un indicador que puede ayudar a contribuir a explicar el porqué de una temperatura mayor, es la presencia de SiO_2 . En la campaña realizada en el muestro de 1990 (Tabla 4), se observa que existe cierta discrepancia entre las determinaciones de campo (in situ) y laboratorio de SiO_2 : 24 y 15,3 mg/L respectivamente. En principio se considera correcto el valor de campo, más coherente con la temperatura de salida, 40°C, y con los valores de otros análisis realizados más recientes como se recogen en la tabla 4. Esto se justifica por la circulación a través de la falla Alhama-Illar, que posibilita un circuito suficientemente profundo como para alcanzar esta temperatura.

Por último, es interesante destacar el elevado contenido de zinc de la muestra: 5,5 mg/l. Si bien no alcanza valores tan altos, el Pb y el Mn con concentraciones de 15 y 197 $\mu\text{g}/\text{L}$. A la vista de estos resultados es razonable suponer que el agua haya estado en contacto con niveles mineralizados. También es importante el contenido de flúor de la muestra: 1,5 mg/l.

En la figura 17, en la que recoge los datos resultantes del reconocimiento videográfico (3), se observa la variación de la temperatura en los tres sondeos de abastecimiento al Balneario (3). Se refleja como aumenta la temperatura en función de la profundidad y la correlación entre los tres sondeos. La temperatura entre la cota 400 m s.n.m. y los 300 m s.n.m., en el sondeo 14 alcanza casi los 50 °C (unos 49°C), especialmente en la zona más profunda del sondeo, en la que se sitúan más fracturas.

Esta temperatura es muy similar, aunque un poco más baja, en el sondeo 23, situado también en la galería y muy próximo al 13. Difiere algo, la temperatura en el sondeo 31, pero siempre por encima de los 40°C. En general se ve que existe una relación entre la profundidad, las fracturas detectadas a lo largo de los sondeos, el tipo de material (dolomías con pequeñas pasadas de muy poca potencia de calcoesquistos) y la presencia de aguas con más temperatura.

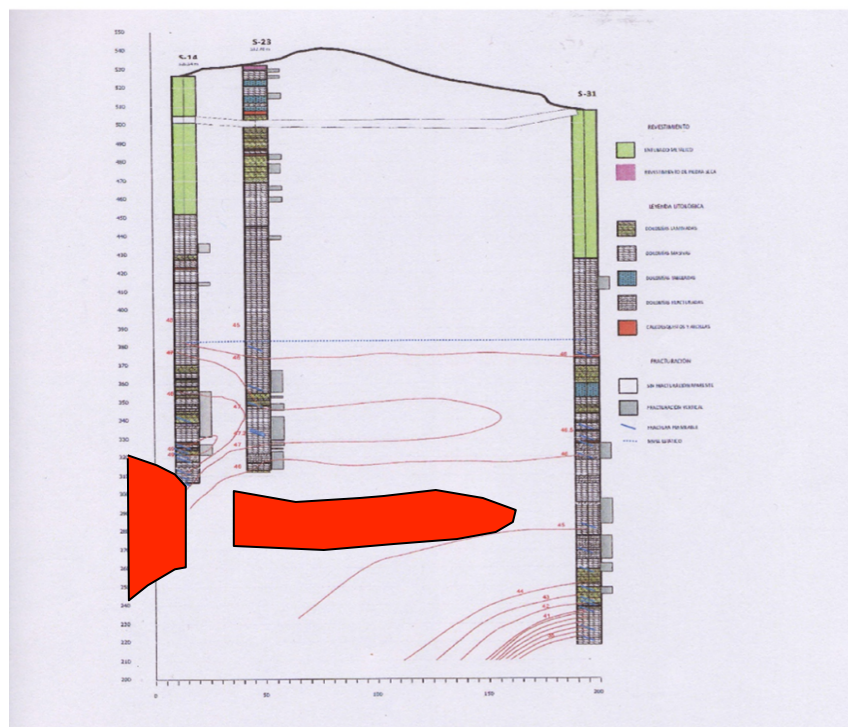


Figura 17. Isotermas en los sondeos del Balneario, mediante reconocimiento videográfico

5. PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS CAPTADAS

La legislación vigente en materia de aguas minero-medicinales (Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas, Reglamento General para el régimen de la minería, agosto 1975 y Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, Reglamento; Real Decreto 1798/2010 de 30 de diciembre), define una figura de protección denominada “Perímetros de Protección”, cuyo objetivo principal, es proteger las aguas que se capten para su aprovechamiento en el balneario, de otros aprovechamientos irregulares, que puedan afectarlo, y de la contaminación que pudiera producirse por actividades (residuos sólidos y líquidos, ganadería, agricultura o industria, entre otras posibles) que pudieran llevarse a cabo en su entorno más o menos inmediato o en la zona de influencia.

Los Baños de Alhama de Almería disponen de un perímetro de protección de las captaciones que abastecen al Balneario, cuya superficie abarca una parte del borde

nororiental de la Sierra de Gádor, en donde aflora la unidad alpujárride inferior o manto de Gádor, rodeada por un contacto de cabalgamiento del manto de Félix. Paralelamente se protege la red de agua superficial que circula por las inmediaciones del grupo de pozos.

El perímetro del Balneario de Alhama de Almería, viene definido por las coordenadas, recogidas en el Tabla 5.

Tabla 5. Coordenadas que delimitan el perímetro de protección del sondeo El Sillero.		
VERTICE	COORDENADA X	COORDENADA Y
PP	538.177	4.091.055
2	536.439	4.090.677
3	535.230	4.090.889
4	535.034	4.089.277
5	535.502	4.87.368
6	538.600	4.089.763
	538.984	4.090.578



Figura 18. Poligonal que define el perímetro de protección de las captaciones del Balneario.

6. CONCLUSIONES

Las aguas del Balneario de San Nicolás (Alhama de Almería, sur de España) fueron reconocidas como mineromedicinales en la Gaceta de Madrid de 26 de abril de 1928 (Decreto-ley 743/28). Sus características (escasa mineralización, cierta radioactividad, contenido en SiO₂ y sulfatos, además de su temperatura, superior a 40º C) indican un circuito de alimentación profunda con un tiempo de tránsito elevado en el acuífero carbonático de los mármoles triásicos de la Sierra de Gádor. En la actualidad, las aguas tienen que ser elevadas desde el acuífero mediante una serie de pozos verticales, dos situados en una galería horizontal. Antiguamente, las aguas surgían de manera natural en un manantial, que daba lugar, junto a otros alineados a lo largo de una serie de fallas del borde septentrional de la sierra de Gádor, a una serie de plataformas travertínicas de notable desarrollo. El descenso del nivel freático se ha debido a causas naturales (terremoto de año 1552) y a la intensa explotación en los últimos años en su entorno mediante sondeos profundos.

7. RECOMENDACIONES

Las aguas captadas para el suministro del agua al Balneario se sitúan en el núcleo urbano de Alhama de Almería, donde las actividades propias de la población pueden afectar a dichas aguas. Actividades como pueden ser los residuos urbanos y las aguas residuales urbanas o industriales. Estas y otras posibles fuentes de contaminación, originan cierta fragilidad al Balneario, para cuya protección se recomiendan las siguientes actuaciones:

Hacer un seguimiento periódico de la eficacia del perímetro de protección actualmente existente, de cara a evitar mayores descensos del nivel piezométrico en el entorno del Balneario y al mantenimiento de la calidad fisicoquímica de sus aguas.

Controlar las actividades potencialmente contaminantes en la zona de recarga, protegiendo adecuadamente las captaciones existentes (sondeos y galerías), así como controlando el estado de las conducciones hasta las instalaciones del Balneario, cuya traza se desarrolla a través del núcleo urbano.

Monitorizar convenientemente las captaciones existentes, con un seguimiento continuo de los parámetros más importantes (caudal, conductividad eléctrica, temperatura), y analizar periódicamente la composición de las aguas, efectuando un seguimiento científico-técnico periódico de las aguas subterráneas del Balneario y del entorno.

8. REFERENCIAS

1. Cara, L. y Rodríguez, J.M. (1992): Hallazgo de una escultura romana en las proximidades del manantial de aguas termales de Alhama de Almería. *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie II, Hª Antigua, t. V, pp. 401-420.
2. García, A.F., Zhu, Z., Ku, T.L., Sanz de Galdeano, C., Chadwick, O.A. y Chacón Montero, J. (2003): Tectonically driven landscape development within the Eastern Alpujarran Corridor, Betic Cordillera, SE Spain (Almería). *Geomorphology*, 50, 83-110.
3. García-del-Cura, M.A., Benavente, D., Martínez-Martínez y Cueto, N. (2012): Sedimentary structures and physical properties in travertine and carbonate tufa building stone. *Construction & Building Materials*, 28, 456-467.
4. García-del-Cura, M.A., la Iglesia, A., Ordoñez, S., Sanz-Montero, M.E. y Benavente, D. (2008): Óxidos de hierro y manganeso en travertinos de Alhama de Almería. *Macla*, 9, 1555-1558.
5. García-del-Cura, M.A., Sanz-Montero, M.E., Benavente, D., Martínez-Martínez, J., Bernabéu, A. y Cueto, N. (2008): Sistemas travertínicos de Alhama de Almería: características petrográficas y petrofísicas. *Geo-Temas*, 10, 1555-1558.
6. García-del-Cura, M.A., Sanz-Montero, M.E., De los Ríos, A., Wierzechos, J. y Ascaso, C. (2010): Diversidad mineralógica en biofilms asociados a surgencias de aguas carbonatadas sulfatadas (Almería). *Macla*, 13, 93-94.
7. García-del-Cura, M.A., Sanz-Montero, M.E., De-los-Ríos, M.A. y Ascaso, C. (2012): Biofilms, texturas y composición isotópica de travertinos actuales y fósiles, Alhama de Almería-Alicún (Provincia de Almería). *Geo-Temas*, 13, 84-87.
8. IGME. 1990-91. Evaluación del estado actual de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Estudio de detalle de la provincia de Almería. Tomo I.
9. Amate, M^º Carmen (sin indicar). Sobre los nombres de Alhama: memoria e historia. *El Eco de Alhama*, n^º 9.
10. Martínez Sampedro, M.D. y García Pardo, M. (1997): Notas sobre los baños de Alhama de Almería. En: *Termalismo Antiguo*. M.J. Perez Agorreta, Ed. 541-544. UNED-CV Casa de Velázquez. Madrid.
11. Olivera Serrano (1995): *La actividad sísmica en el reino de Granada (1487-1531)*, Estudio histórico y documentos.

12. PROPIEDAD. 2009 a: Estudio hidrogeológico y propuesta de protección de las aguas termales del pozo nº 23 del Balneario de San Nicolás de Alhama de Almería.
13. PROPIEDAD. 2009 b: Estudio hidrogeológico y propuesta de protección de las aguas termales del pozo nº 31 del Balneario de San Nicolás de Alhama de Almería.
14. PROPIEDAD. 2010: Estudio hidrogeológico del sondeo 14, el Sillero, del Balneario de San Nicolás. Alhama de Almería (Almería).
15. PROPIEDAD. 2011: Adenda Estudio hidrogeológico del sondeo 11, el Sillero, del Balneario de San Nicolás. Alhama de Almería (Almería).
16. Sánchez Martos, F., Pulido Bosch, A. y Calaforra, J. (1999): Hydrogeochemical processes in an arid region of Europe (Almería, SE Spain). *Applied Geochemistry*, 14, 735-745.
17. Sánchez Martos, F., Pulido Bosch, A., Molina-Sánchez, L. y Vallejos-Izquierdo, A. (2002): Identification of the origin of salinization in groundwater using minor ions (Lower Andarax, Southeast Spain). *The Science of the Total Environment*, 297, 43-58.
18. Sánchez Martos, F., Pulido Bosch, A., Vallejos, A., Molina, L. y Gisbert, J. (2004): Rasgos hidrogeoquímicos de las aguas termales en los acuíferos carbonatados del Bajo Andarax (Almería). *Geogaceta*, 35, 171-174.
19. Sanz de Galdeano, C. (1985): Estructura del borde oriental de la Sierra de Gádor (zona Alpujarride, Cordilleras Béticas). *Acta Geológica Hispánica*, 20, 145-154.
20. Voersman, F. y Baena, J. (1983): *Mapa geológico de España escala 1:50.000. Hoja 1.044*, Alhama de Almería. Mapa y Memoria. 40 pp. IGME, Madrid.
21. García-del-Cura, M.A., Benavente, D., Martínez-Martínez, J. and Ordoñez, S. (2017). Travertinos coloreados en la Cordillera Bética (SE de la península Ibérica). Situación geológica y características petrofísicas. *Boletín Geológico y Minero*, 128 (2). 467-483.

Climatología del Balneario de San Nicolás

Title in English: *Climatology of San Nicolás Spa*

Roser Botey Fullat, Inmaculada Cadenas Cortina, Ana Isabel Ambrona Rodríguez, César Rodríguez Ballesteros

Área de Climatología y Aplicaciones Operativas. Agencia Estatal de Meteorología.

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 105-124.

RESUMEN	ABSTRACT
<p>En el presente trabajo se realiza un estudio climático y bioclimático del Balneario de San Nicolás, ubicado en c. Para llevar a cabo este estudio se han utilizado datos de precipitación, temperatura, humedad relativa y viento, que se han obtenido de las estaciones de AEMET ubicadas en torno a Alhama de Almería, en concreto se han utilizado datos de la estación termo-pluviométrica de Alhama y de la estación completa de Almería/aeropuerto. Se han obtenido los valores medios mensuales para cada uno de los parámetros climáticos relevantes, así como los valores extremos, la frecuencia de superación de determinados umbrales, las tendencias a largo plazo y los valores de determinados índices climáticos. Para el análisis bioclimático se han utilizado los datos de temperatura y humedad relativa y se han calculado los índices climatológicos de confort y de sensación térmica.</p>	<p>A climatic and bioclimatic study of the spa located in Alhama de Almería (Almería) village is described in this paper. The climatological analysis has been performed using the data of precipitation, temperature, relative humidity and wind corresponding to the climatological stations of AEMET located near the village of Alhama of Almeria in particular the climatological station of Alhama and the principal station of Almería/airport. The monthly mean value and the extreme values have been obtained from the available data, as well as the frequency of climatic parameters exceeding certain thresholds, the long term trends and a set of climatic indices. For the bioclimatic analysis the data of temperature and relative humidity have been used to calculate the climatic comfort indices and the thermal sensation values.</p>
Palabras clave: Clima; Bioclimático; Balneario.	Keywords: Climate; Bioclimatic; Spa.

1. INTRODUCCIÓN

El Balneario de San Nicolás se encuentra situado en la localidad de Alhama de Almería, en la Alpujarra Almeriense y al nordeste de la Sierra de Gádor, a 36° 57' N de latitud y 2° 34' W de longitud y a una altitud de 510 m sobre el nivel del mar. Para este estudio se ha contado con los datos disponibles en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de la estación climatológica ordinaria de Alhama de Almería, de indicativo 6314, que estuvo ubicada

a menos de 1 kilómetro del balneario de San Nicolás por lo que es plenamente representativa del entorno del Balneario. Esta estación dispone de datos de precipitación y ocurrencia de meteoros de forma continuada desde el año 1955 hasta el año 2000, sin embargo, la serie de datos de temperatura se inicia en el año 1989 y finaliza en el año 2000.

Para el resto de los parámetros climáticos no observados en la estación de Alhama de Almería, como viento y humedad relativa, así como para estudiar series más largas de temperatura, se ha contado con la ventaja de disponer de los datos de la estación completa de Almería-Aeropuerto de indicativo climatológico 63250, que está ubicada en la costa, al este de Almería capital y a unos 22 km de distancia de la estación meteorológica de Alhama de Almería, siendo sus características climáticas suficientemente cercanas al clima del entorno del Balneario, aunque hay que tener en cuenta las diferencias en altitud y distancia al mar. La estación de Almería/aeropuerto dispone de datos completos desde el año 1968 y hasta la fecha actual, y tiene de coordenadas 36º 51' N de latitud, 2º 21' W de longitud y 21 m de altitud sobre el nivel del mar.

Para el cálculo de los valores normales se ha utilizado en este trabajo el período de referencia y la metodología recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (1,2), habiéndose procedido al relleno de las lagunas existentes según los métodos operativos establecidos en AEMET (3,4)..

2. ESTUDIO TERMOMÉTRICO

2.1 Evolución de las temperaturas a lo largo del año. Variabilidad interanual de las temperaturas medias mensuales

En la figura 1 se muestra la evolución a lo largo del año de los valores medios mensuales de las temperaturas diarias máximas y mínimas, así como los valores más altos y más bajos de los parámetros indicados dentro del período 1989-2000, que supone un total de al menos 12 años de datos de la estación meteorológica ubicada en el entorno del balneario de San Nicolás.

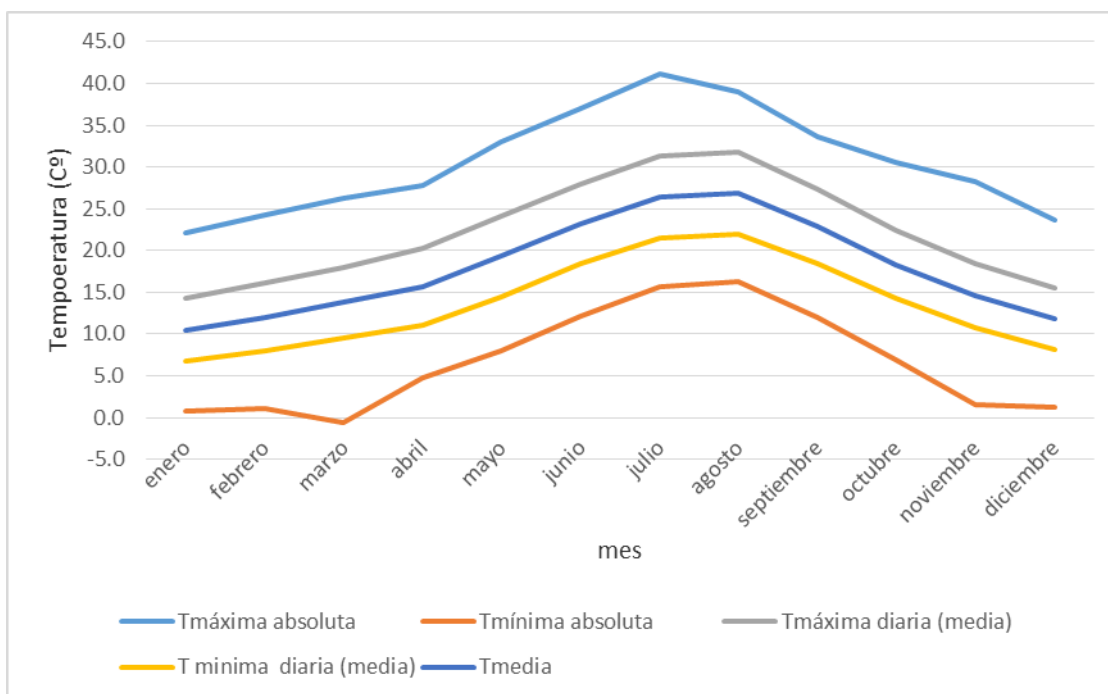


Figura 1: Diagrama termométrico del Balneario de San Nicolás.

Del análisis de los datos se deduce que los valores medios mensuales de temperatura en Alhama de Almería superan los 25º C en los meses de julio y agosto, siendo el mes de agosto el más cálido (26,9º C). Esta circunstancia es característica del clima de las áreas de España próximas al litoral, en particular en las de las regiones mediterráneas por la inercia térmica del mar mediterráneo, en el que se alcanzan al final del verano los valores más elevados de temperatura en la superficie. La oscilación térmica diaria es moderada y su valor medio en los meses de julio y agosto es del orden de los 10º C, con una temperatura media de las máximas en el mes de agosto de 31,8 ºC y una media de las mínimas de 22,0 º C. Dicha oscilación térmica disminuye ligeramente tomando valores entre 7 y 8 º C, en los meses de octubre a marzo. Las noches tropicales (aquellas con temperatura mínima superior a 20ºC) son frecuentes en Alhama de Almería principalmente en los meses de julio y agosto, aunque por estar ubicada a unos 500 m de altitud el número de noches tropicales es sensiblemente inferior al número que se registra en la estación de Almería-aeropuerto cuando se comparan los años del periodo común a las dos estaciones.

También comparando la temperatura media mensual de la temperatura máxima diaria entre las dos estaciones, resulta ser inferior el dato de Alhama en más de un grado en los meses de octubre a abril, siendo en los meses de verano prácticamente iguales para las dos estaciones. En cuanto a la media mensual de la temperatura mínima diaria en todos los meses los datos de la estación de Alhama son inferiores a los de Almería-aeropuerto, alcanzándose la mayor diferencia (1,9 ºC) en el mes de enero. Por tanto, se puede afirmar que el clima de Alhama de Almería es

ligeramente más fresco que el de Almería-aeropuerto, con noches de verano también más frescas.

Para el estudio de la variabilidad interanual de las temperaturas del verano ha sido necesario utilizar los datos de la estación de Almería/aeropuerto para disponer de una serie de datos de temperatura de al menos 30 años. En las figuras 2 y 3 se presentan respectivamente las series temporales (1968-2015) de la temperatura media de las máximas diarias y de las mínimas diarias del mes de agosto por ser este mes el de temperatura media más alta. El valor medio más elevado de las temperaturas máximas diarias en agosto en el período considerado se registró en el año 1998 con 33 °C, seguido de 32,9 °C en agosto de 1991 y de 2003, ambos son valores muy cercanos al medio más elevado registrado en el mes de julio que fue de 32,8 en Julio de 1990. El valor más bajo se observó en el año 1977 con 28,3° C. En relación con el comportamiento de las temperaturas mínimas (figura 3), el valor más alto se registró en agosto de 2015, con 24,2 °C, valor que fue superado en julio de ese mismo año con 24,6° C. Como sucede en la mayoría de las estaciones meteorológicas de España, el mes más caluroso en promedio de toda la serie de 30 años fue agosto de 2003, debido a la ola de calor de excepcional intensidad y duración que afectó a gran parte de España durante la primera quincena del mes (5,6). El valor medio más bajo de las temperaturas mínimas de agosto se observó en el año 1977 con 18,9° C.

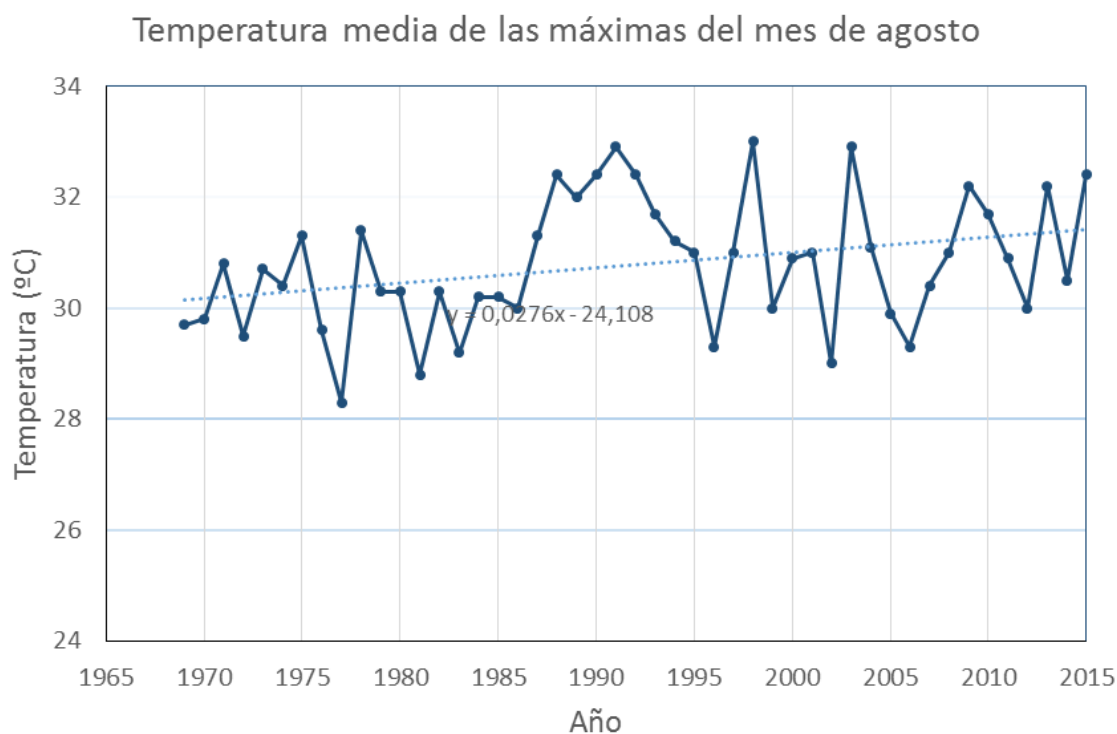


Figura 2: Variabilidad interanual de los valores medios de las temperaturas máximas diarias en agosto en Almería-Aeropuerto.

La variabilidad interanual de la temperatura media de las máximas diarias de agosto es similar a la de las temperaturas medias de las mínimas, con un valor de la desviación típica en torno a 1,2º C. Se aprecia tanto en las máximas como en las mínimas una clara tendencia creciente de las temperaturas durante el período considerado, con un incremento de 0,27 C º por década en las temperaturas máximas y de 0,54 º C por década en las mínimas.

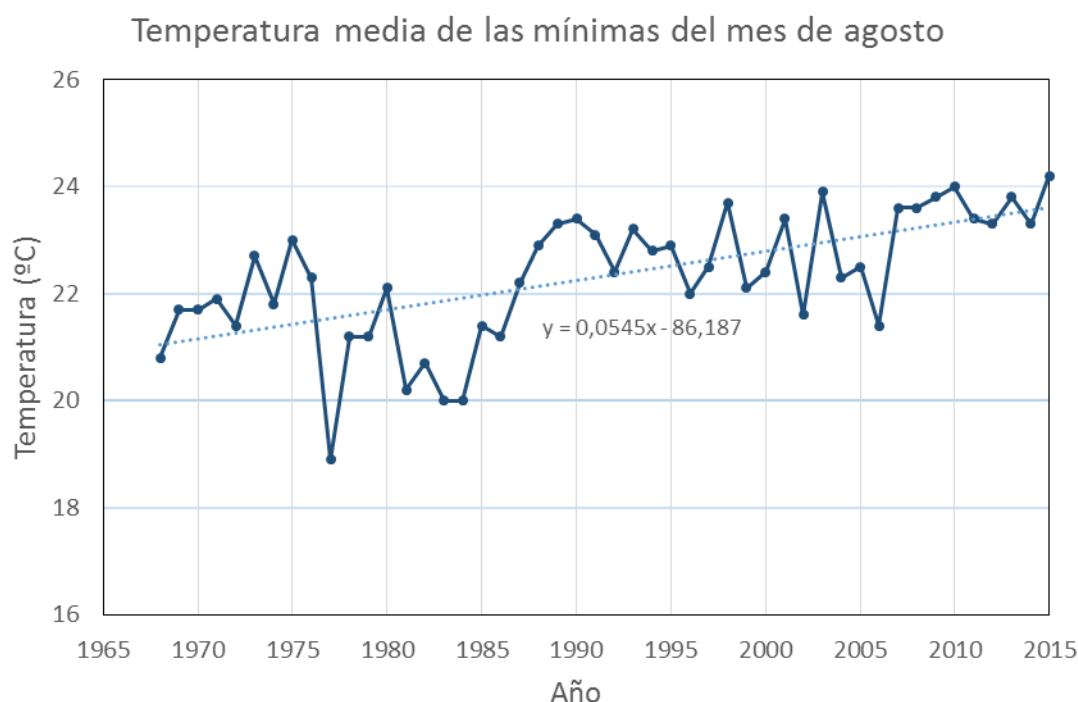


Figura 3: Variabilidad interanual de los valores medios de las temperaturas mínimas diarias en agosto en Almería-Aeropuerto.

En relación con el comportamiento térmico de los meses invernales en Almería-aeropuerto, las temperaturas medias mensuales quedan por debajo de los 15º C entre los meses de diciembre y marzo, siendo el mes de enero el más frío con una temperatura media de 12,6º C. En los meses de diciembre, enero y febrero la media de las temperaturas máximas es ligeramente inferior a los 18º C, con un valor mínimo de 16,9º C en enero, mientras que la media de las mínimas queda por debajo de los 10º C en los meses de diciembre, enero y febrero, alcanzando en enero el valor de 8,4º C.

La variabilidad interanual de las temperaturas del invierno se pone de manifiesto en los gráficos de las figuras 4 y 5, en las que se incluyen respectivamente las series temporales (1968-2015) de la temperatura media de las máximas y media de las mínimas del mes de enero para la estación de Almería/Aeropuerto. El valor

medio más elevado de las temperaturas máximas diarias en enero corresponde al año 1988 con 18,6 °C, mientras que el valor más bajo se observó en el año 2006 con 15,3 °C. En cuanto a las temperaturas mínimas, el valor medio más alto se registró en enero de 1996 con 10,8° C, mientras que el más bajo se registra en el año 1981 con 5,9° C.

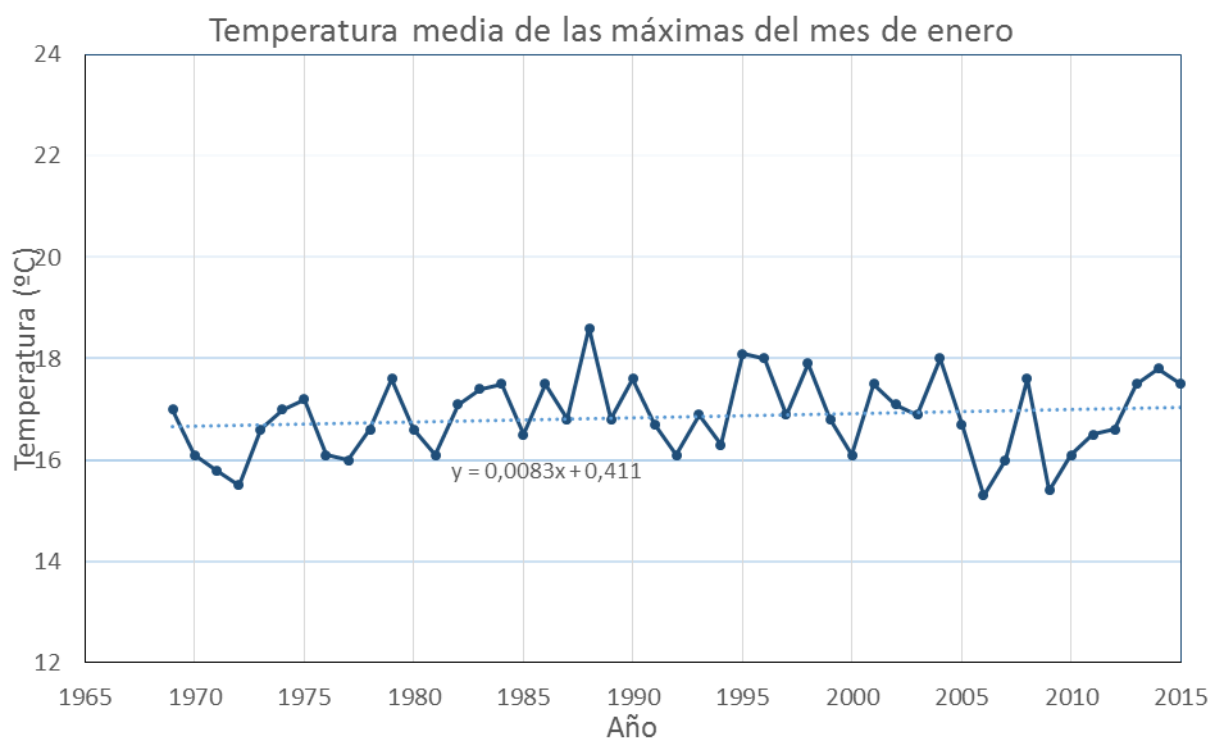


Figura 4: Variabilidad interanual de los valores medios de la temperatura máxima diaria en enero en Almería-aeropuerto.

La variabilidad interanual de las temperaturas en los meses invernales es menor que la correspondiente a los meses de verano, así resulta que la desviación típica es de 1,1° C para los valores medios mensuales de las mínimas de enero y de 0,8° C en el caso de las máximas, lo que representa en este caso en torno a un 25% menor que el mismo parámetro para las máximas del mes de agosto.

La oscilación térmica media diaria que se observa en los meses del invierno en Almería-aeropuerto es casi igual a la de los meses veraniegos, alcanzando el valor más bajo en los meses de octubre y noviembre con 8,3 °C, seguidos de diciembre y septiembre con una oscilación diaria media de 8,4° C, mientras que el valor más alto se observa en el mes de junio con 8,9 °C.

En las temperaturas medias del mes de enero se aprecia una ligera tendencia a un incremento, tanto de las temperaturas diurnas como de las nocturnas, pero resulta ser muy inferior al observado en los meses de verano. Así el incremento por década

detectado para las temperaturas mínimas del mes de enero sería de 0,2 °C y para las temperaturas máximas de 0,08°C.

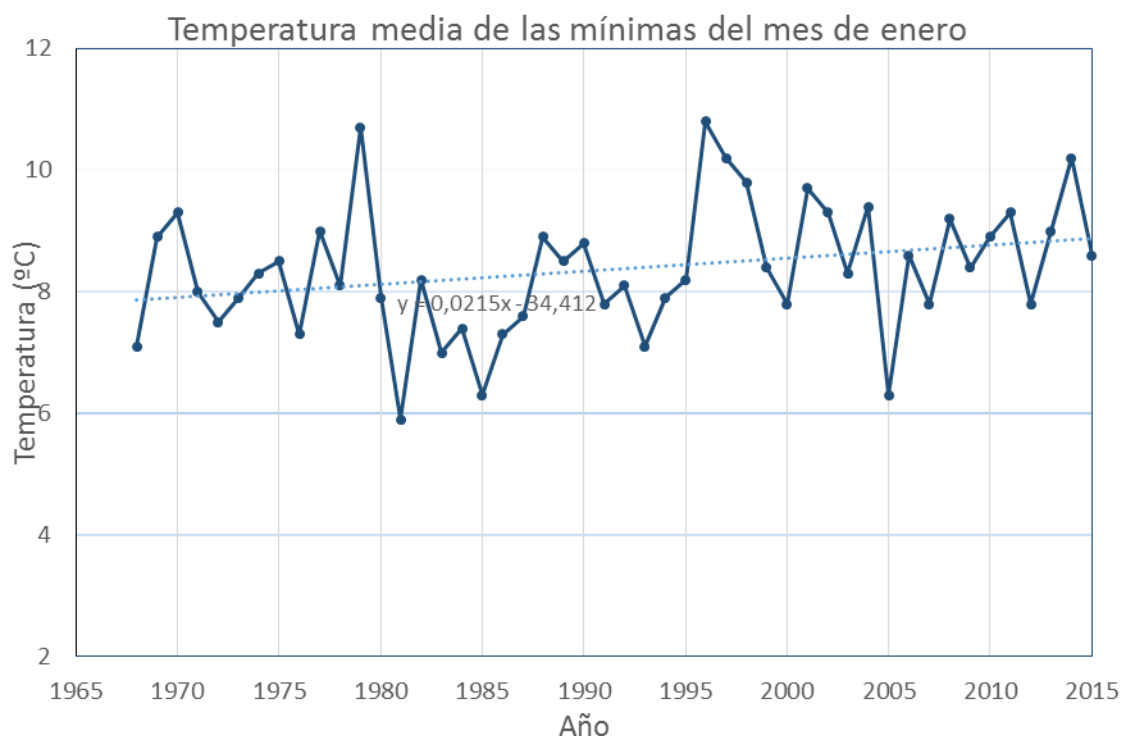


Figura 5: Variabilidad interanual de los valores medios de la temperatura mínima diaria en enero en Almería-aeropuerto.

2.2 Valores térmicos extremos

En la tabla 1 se recogen para cada mes del año los valores de las temperaturas máximas absolutas (Tmax) y la fecha en que se observaron (FTMax), las mínimas absolutas (Tmín) y la fecha correspondiente, así como los valores más elevados de las temperaturas mínimas (Tmaxmin) y los mas bajos de las temperaturas máximas (Tmínmax), junto con las fechas en que se produjeron (FTmaxmin y FTminmax). Todos estos datos corresponden a la estación de Alhama de Almería para todos los datos disponibles (período 1989-2000)

Se puede observar que la temperatura máxima absoluta de todo el período se registró el día 4 de julio de 1994, cuando se alcanzó el valor de 41,2 °C, y el valor más bajo de -0,6 °C se registró el día 2 de marzo de 1993, no siendo usual que en esta zona cercana al litoral mediterráneo se produzcan heladas y menos tan tardías.

Tabla 1: Valores térmicos extremos de la estación de Alhama de Almería.

Nombre de estación: ALHAMA DE ALMERÍA					Indicativo: 6314			
MES	TMAX	FTMAX	TMIN	FTMIN	TMAXMIN	FTMAXMIN	TMINMAX	FTMINMAX
1	22,1	06/01/ 1996	0,7	24/01/ 1992	13,6	01/01/ 1996	5,2	23/01/ 1992
2	24,3	28/02/ 1990	1,1	15/02/ 1999	15,6	27/02/ 1990	6,3	12/02/ 1991
3	26,2	08/03/ 1998	-0,6	02/03/ 1993	16,8	09/03/ 1998	7,4	01/03/ 1993
4	27,8	22/04/ 2000	4,8	01/04/ 1995	19,3	28/04/ 1997	9,8	21/04/ 1991
5	33,0	31/05/ 1994	8,0	04/05/ 1992	21,9	30/05/ 2000	11,1	03/05/ 1992
6	37,0	30/06/ 1994	12,1	13/06/ 1994	25,4	29/06/ 2000	15,2	13/06/ 1992
7	41,2	04/07/ 1994	15,7	02/07/ 1997	30,9	06/07/ 1994	22,6	06/07/ 1992
8	39,0	08/08/ 1994	16,3	27/08/ 1993	27,7	06/08/ 1993	25,0	30/08/ 1993
9	33,6	23/09/ 1991	12,0	23/09/ 1994	24,1	01/09/ 1998	17,1	10/09/ 1996
10	30,5	03/10/ 1992	6,9	24/10/ 1993	21,5	12/10/ 1997	13,4	23/10/ 1991
11	28,2	06/11/ 1999	1,5	21/11/ 1999	20,2	04/11/ 1995	5,0	20/11/ 1999
12	23,7	21/12/ 1989	1,2	24/12/ 1994	15,8	16/12/ 1989	6,9	16/12/ 1999

2.3 Número de días en los que las temperaturas extremas diarias superan una serie de umbrales.

En la zona de Alhama de Almería se producen heladas tan sólo excepcionalmente, así en el registro de temperaturas de doce años se registró un solo día de helada (día en el que la temperatura mínima desciende por debajo de 0°C) muy débil con -0,6 °C el día 2 de marzo de 1993. Cabe destacar que en la estación meteorológica de Almería/aeropuerto, por estar a menor altitud y ubicarse muy cerca del mar, no se ha registrado ningún día de helada en toda la serie desde 1968, mientras que en la medida en la que aumenta la distancia a la costa y la altitud, aumenta también el número de días de helada con más de 20 días de helada al oeste de Alhama en la sierra de Gádor (12).

En cuanto a las condiciones de temperaturas mínimas altas, en Alhama, como sucede en todas las zonas del litoral mediterráneo, son muy frecuentes en los meses veraniegos las noches tropicales, definidas como aquellas en las que la temperatura mínima es superior a 20° C. Este umbral se rebasa en promedio en 27 días a lo largo del mes de agosto, en 23 días en el mes de julio y en 8 días en los meses de junio y de

septiembre. La mínima más elevada registrada correspondió al día 6 de julio de 1994, con un valor de 30,9°C. Si bien las mínimas superiores a 25°C son muy poco frecuentes y se han observado muy esporádicamente en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Por lo que respecta a la climatología de los días calurosos, que son aquellos en los que la temperatura máxima alcanza o supera los 30° C, se registran en Alhama en promedio 57 días de este tipo al año. Son muy frecuentes en los meses de agosto y julio, con 23 y 20 días en promedio respectivamente, mientras que en los meses de junio y septiembre el número medio de días calurosos es del orden de 7 días. Fuera del período de junio a septiembre, estas condiciones son muy poco frecuentes, habiéndose producido esporádicamente en el mes de mayo una máxima de 33 °C el 31 de mayo de 1994 y en el mes de octubre 31 °C el 3 de octubre de 1992.

3. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO Y SOBRE METEOROS

La zona de Alhama está ubicada en el sureste peninsular donde existen áreas con el mínimo de precipitación mensual peninsular que se corresponden con precipitaciones anuales inferiores a 300 mm e incluso de 200 mm, no obstante, existe un gradiente en la cantidad de precipitación anual importante hacia el oeste de la población de Alhama de Almería ya que en la sierra de Gádor la precipitación anual supera los 500 mm (12). Utilizando los datos de la estación climatológica de Alhama de Almería (1955-2000) se obtiene para el balneario de San Nicolás una precipitación media anual de 264 mm. En la figura 6 se representa la distribución de esta precipitación a lo largo del año. Se aprecia un acusado mínimo pluviométrico estival centrado en los meses de agosto y julio, con un promedio de precipitación mensual inferior a 2 mm en agosto y a 4 mm en julio. En septiembre la precipitación se incrementa alcanzando en promedio los 17 mm y en octubre los 32 mm. Esta circunstancia es debida al inicio de la temporada en la que se registran precipitaciones de tipo convectivo, que son especialmente frecuentes e intensas en los meses de septiembre y octubre. Los meses en los que se acumula más precipitación son de octubre a enero, con precipitaciones acumuladas mensuales en cada uno de los cuatro meses entre 30 y 35 mm, siendo el mes de noviembre el que alcanza el máximo de 35 mm. Ello es debido a la combinación de una serie de factores, como las elevadas temperaturas superficiales del mar Mediterráneo en otoño y la llegada ocasional de masas de aire frío e inestable, lo que da lugar a condiciones propicias para la ocurrencia de precipitaciones. El promedio mensual de precipitación en los meses de primavera es de 24 mm siendo el máximo en el mes de abril con 28 mm.

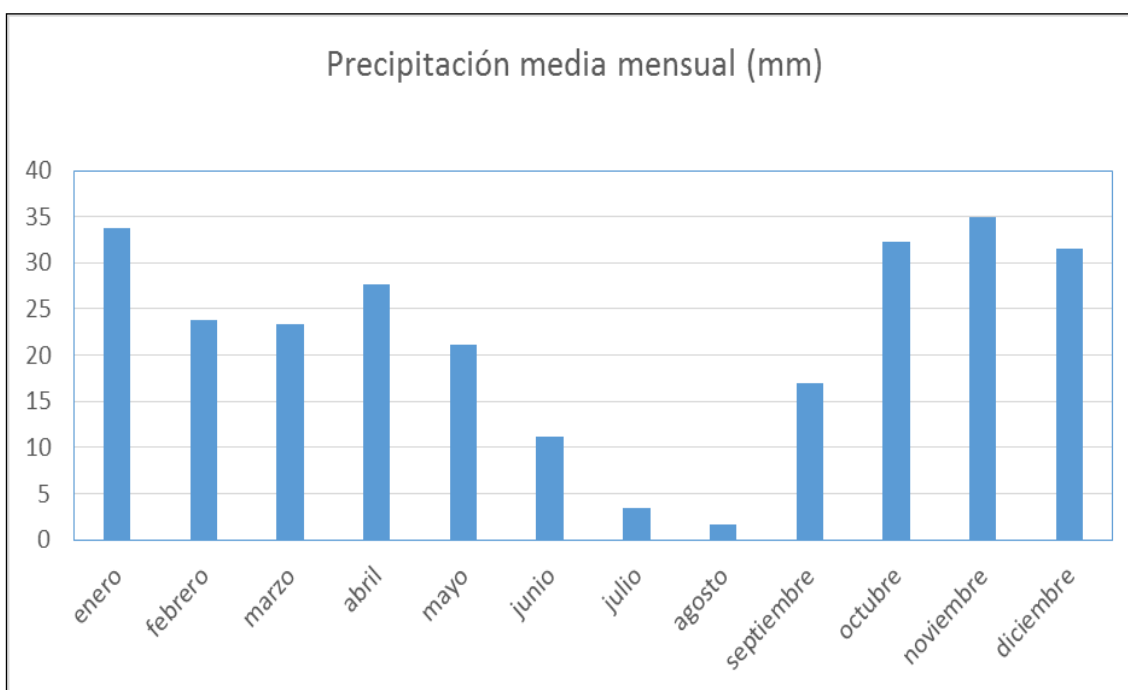


Figura 6: Distribución de la precipitación en Alhama de Almería a lo largo del año. Valores medios mensuales (1955-2000).

El número medio anual de días de precipitación es de 63, con una distribución a lo largo del año (figura 7) muy similar para las estaciones de otoño e invierno con 18 días, que disminuye ligeramente en primavera con 16 días, para finalmente ser en verano de 8 días. Dado que el valor medio de precipitación en los meses de verano es de 6 mm y el número de días con precipitación es de 8, se producen en muchas ocasiones precipitaciones débiles que además en esta zona pueden ir acompañadas de polvo en suspensión procedente de las regiones áridas del norte de África lo que puede provocar con relativa frecuencia lluvia de barro.

Como en toda la vertiente mediterránea las precipitaciones en Alhama de Almería pueden ser ocasionalmente muy intensas, especialmente en los meses de septiembre y octubre, y con una frecuencia menor en los de noviembre y diciembre. Desde 1961 hasta el año 2000, el mayor valor de precipitación mensual registrado fue de 257 mm en septiembre de 1997, de los cuales 200 mm se registraron el día 27 de dicho mes, seguido del mes de octubre de 1966 en el que se registraron 151 mm, de los cuales 114 mm correspondían a la precipitación diaria del día 9.

La nieve es un fenómeno excepcional en Alhama, no obstante al estar a 510 m de altitud sobre el nivel del mar, en situación de olas de frío invernales con penetración de vientos de origen continental y con humedad suficiente, puede ocurrir este fenómeno. Así en todo el período analizado de 46 años desde 1955 hasta 2000 sólo se ha observado nieve en 6 ocasiones, 2 en el mes de enero (en los años 1975 y 1992), 2 en febrero (en 1956 y 1993) y 2 en marzo (1992 y 1993).

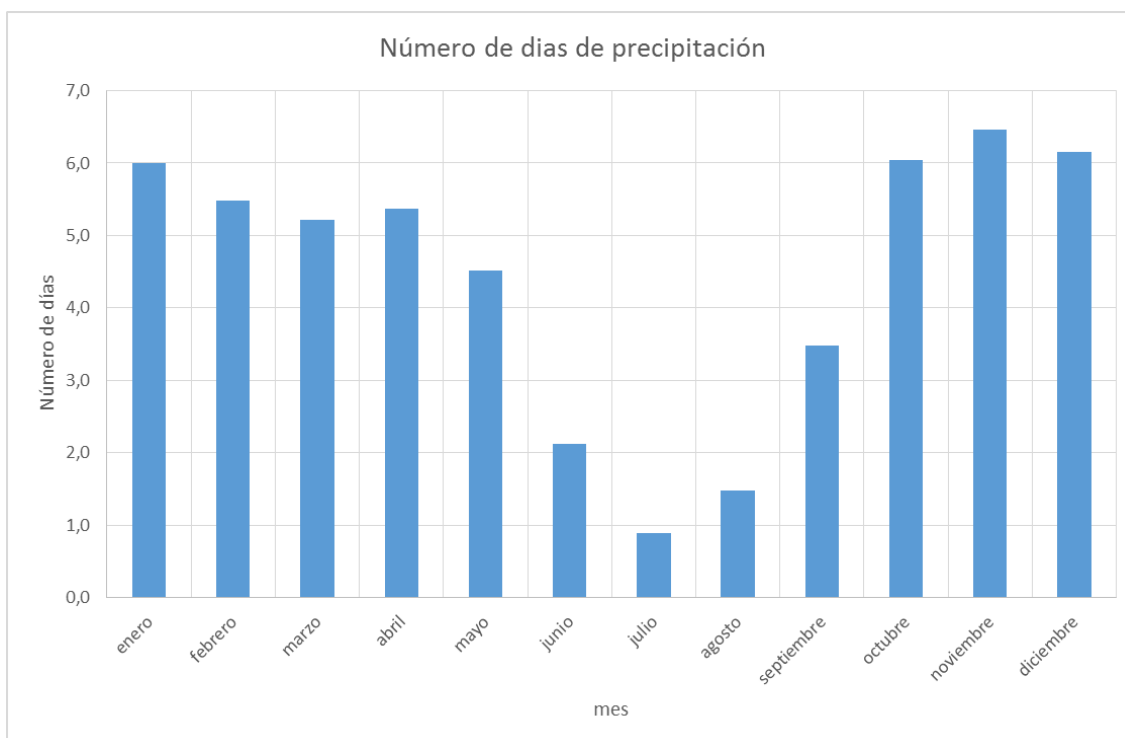


Figura 7: Distribución del número medio de días de precipitación en Alhama de Almería (1955-2000).

La niebla es un fenómeno poco frecuente, según se muestra en la Figura 8. Analizando los datos de Alhama de número de días de niebla en el periodo 1955-2000, se obtiene un número medio anual de 10 días, siendo los meses con más número de días diciembre y marzo (entre 1 y 2 al mes), no obstante, se puede dar algún día de niebla en el resto del año lo que probablemente va unido a la orografía del entorno de Alhama ubicada entre la sierra de Gádor y el valle de Andarax.

En invierno se pueden producir escarchas asociadas a cielos despejados y vientos encalmados, después de una entrada de aire continental cuando la humedad del aire lo permite. La escarcha se puede observar con más frecuencia que el fenómeno de la helada, dado que se puede producir con temperatura mínima en garita algo superior a los 0°C, no obstante, en Alhama es un fenómeno muy poco frecuente. El número medio anual de días de escarcha es de 1,5, produciéndose dicho fenómeno en los meses de invierno de diciembre a febrero con una mayor frecuencia en enero con 0,7 días al año, no habiéndose registrado días de escarcha en el resto de los meses del año.

En cuanto al granizo, debido a la gran irregularidad espacial y temporal en su distribución, es un fenómeno poco frecuente, con una frecuencia media de 1,5 días al año. El mes con mayor probabilidad resulta ser abril con 0,7 días, y es en los meses de julio, agosto y septiembre cuando no ocurre nunca.

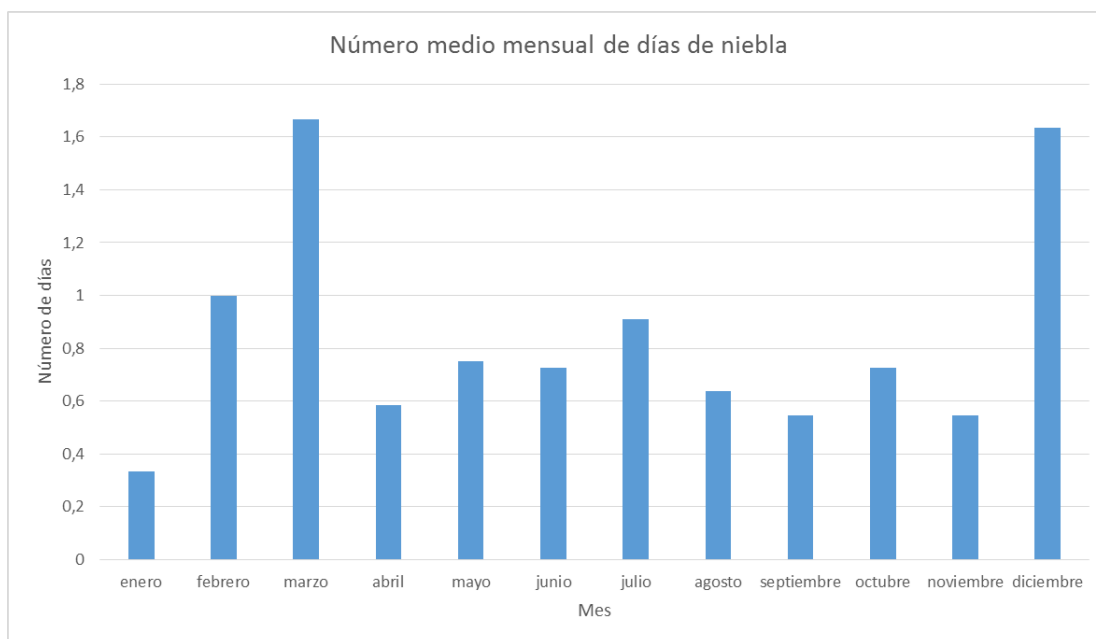


Figura 8: Distribución del número medio de días de niebla en Alhama de Almería (1955-2000).

4. ANÁLISIS DE LA HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa, con datos en este caso de la estación completa de Almería-aeropuerto más próxima a la costa que la estación de Alhama de Almería, varía de forma muy suave a lo largo del año (Figura 9), experimentando un ciclo anual poco marcado. Los valores máximos de humedad relativa se registran en el otoño-invierno, por la mayor abundancia de situaciones de sur oeste, alcanzando unos valores medios del 68% en los meses de octubre a enero y con un valor mínimo en los meses de julio y agosto tomando valores del 62%, siendo el valor medio anual del 65%. Todos estos valores corresponden a la media de las observaciones de humedad relativa de las 07, 13 y 18 horas UTC.

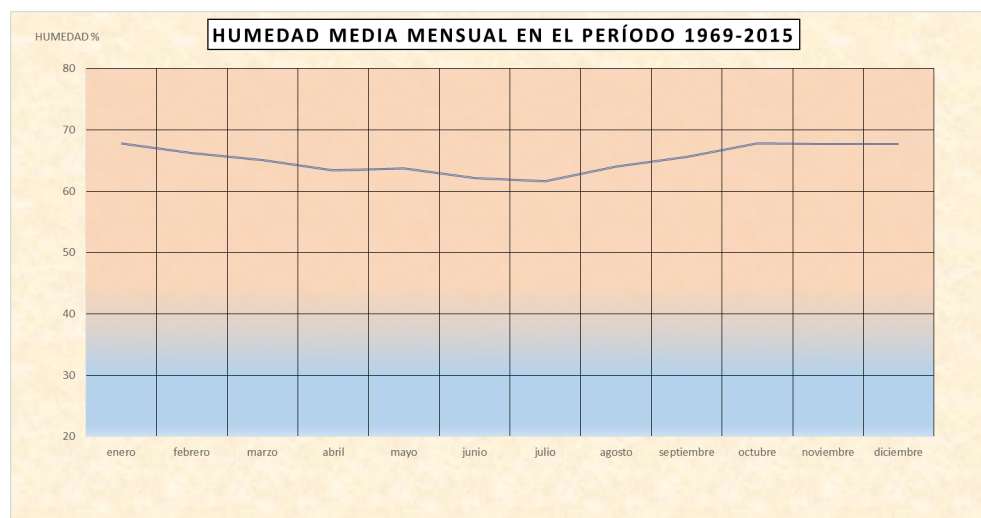


Figura 9. Valores medios mensuales de humedad relativa en Almería-aeropuerto.

5. VALORES DE ALGUNOS ÍNDICES CLIMÁTICOS. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

Para complementar el estudio climático del balneario de San Nicolás se han obtenido los valores, con los datos disponibles, correspondientes a algunos índices climáticos, en particular los siguientes: el índice de aridez de Martonne (8, 9), el índice de pluviosidad de Lang y el índice de Gorczynski (10,11).

El índice de aridez de Martonne se calcula mediante la expresión:

$$M = P / (T+10)$$

P es la precipitación media anual (mm) y T la temperatura media anual (Cº). El valor de M calculado con los datos climáticos de la estación de Alhama de Almería es de 9,5 lo que corresponde a un clima semidesértico pero muy cercano al clima semiárido de tipo mediterráneo.

El índice de pluviosidad de Lang: $IL = P/T$ es de 14,7 por lo que se sitúa en la clasificación establecida por Lang dentro del rango de clima desértico.

Se ha aplicado también el índice de Gorczynski, que cuantifica el grado de continentalidad, y que tiene la expresión:

$$IC = 1,7. (A / \text{sen } L) - 20,4.$$

Donde A es la amplitud media de la temperatura (diferencia de las temperaturas medias de los meses extremos) y L la latitud del lugar. El valor que toma IC es 26,1 por lo que según el criterio de Gorczynski al estar entre los valores 20 y 30, se trata de una zona con condiciones climáticas netamente continentales. Según se puede apreciar en el mapa de índice de continentalidad de Gorczynski publicado por Font, I. en 1983 (7), el índice para una estrecha franja costera de Almería se encuentra por debajo del 20 lo que implica un clima “marítimo mediterráneo”, mientras que en la zona del Balneario de San Nicolás a tan sólo 15 km de distancia del mar y con una altitud de 500 m, la amplitud media de la temperatura es mayor y el valor del IC indica un clima continental

Por otro lado, en el Atlas Climático Ibérico (12), se ha aplicado la clasificación climática de Köppen-Geiger, que ha sido recientemente modificada por Russel, Trawartha, Critfield y otros autores (13). Se obtiene como resultado de este análisis que la zona de Alhama de Almería se sitúa en un área con clima BSk (estepa fría) que indica clima seco, semiárido con una temperatura media anual por debajo de 18ºC. Este tipo de clima se extiende ampliamente por el sureste de la Península y valle del Ebro y, en menor extensión en la meseta sur, sur de Extremadura y oeste de Baleares . En el entorno del área de estudio existe una transición de tipos de clima de oeste a este, siendo al oeste de Alhama de Almería donde se encuentra una zona con clima tipo Csa (templado con verano seco y caluroso) ampliamente extendido en la mitad

sur peninsular y regiones costeras mediterráneas y, a continuación, al suroeste se encuentra la sierra de Gádor con clima tipo Csb (templado con verano seco y templado) característico de gran parte del nordeste peninsular así como de algunas áreas montañosas. Por el contrario, en la zona oriental el clima pasa a ser más cálido, con clima tipo BSh (estepa cálida) en una pequeña área y a continuación del tipo BWh (desierto cálido) siendo este último un tipo de clima que se localiza en pequeñas áreas del sureste de la Península, como es el caso de Almería, coincidiendo con los mínimos pluviométricos peninsulares (12).

Este resultado, en conjunción con los valores del resto de los índices, lleva a la conclusión de que el clima de Alhama de Almería es un clima seco, semiárido, continental y no excesivamente caluroso, ya que la altitud de 500 m le permite disminuir el número de noches tropicales en verano.

Este análisis climático se ha complementado con un breve estudio de tipo bioclimático. Para ello se ha generado en primer lugar un diagrama temperatura-humedad que indica el índice de bienestar relativo a partir de los datos conjuntos de los valores medios mensuales de ambas variables, utilizando para ello los datos de la estación meteorológica completa de Almería-Aeropuerto y siguiendo una metodología similar a la que fue aplicada en los anteriores estudios de los Balnearios de Villavieja, Olmedo y de Alicún de las Torres (14).

Según se puede apreciar en el gráfico de la figura 10, en ningún mes del año la sensación térmica predominante es de frío, estando más de la mitad del año en la zona de bienestar térmico, que es la sensación que predomina en los meses de octubre a mayo. No obstante, la sensación térmica dominante es de calor entre los meses de junio y septiembre.

Como ya se hizo en el estudio del balneario de Olmedo o de Villavieja, se ha llevado a cabo un análisis complementario a partir del concepto de temperatura efectiva, tal como fue definida por Missenard (15), incluyendo el efecto de la temperatura y la humedad relativa. En la tabla 2 se indican los tramos de temperatura efectiva que definen la clasificación climática de acuerdo con el criterio de Missenard.

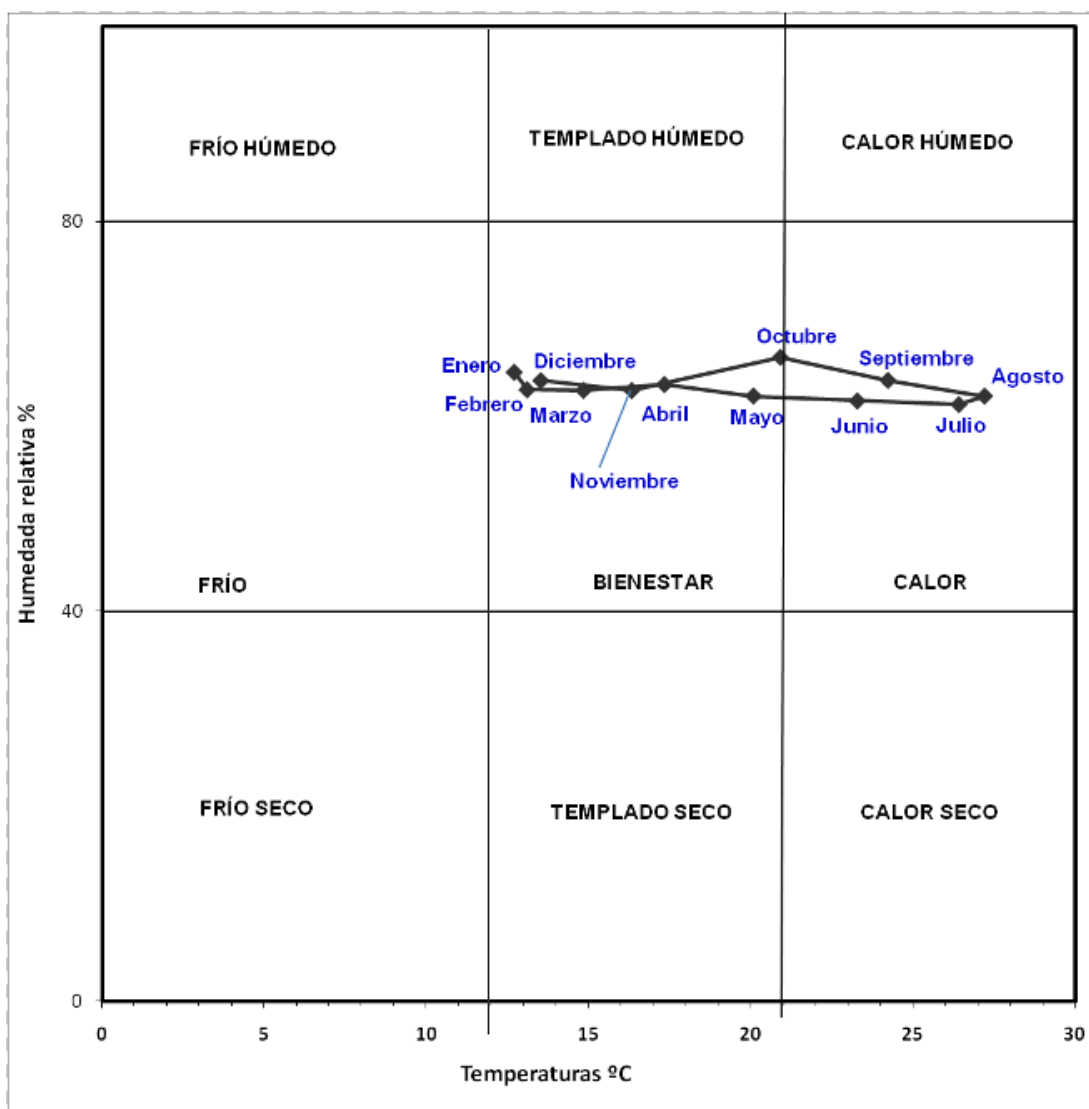


Figura 10: Diagrama temperatura-humedad de temperatura sentida del balneario de San Nicolás. (Obtenido a partir de los datos de la estación de Almería-Aeropuerto).

Tabla 2: clasificación climática según los valores de la temperatura efectiva de Missenard.

Rango de temperaturas efectivas	Categoría térmica
< -12°C	Muy frío
-11,9°C a 0°C	Frío
0,1°C a 6°C	Muy fresco
6,1°C a 12°C	Fresco
12,1°C a 18°C	Suave
18,1°C a 24°C	Calor agradable
24,1°C a 30°C	Calor moderado
> 30°C	Muy caluroso

En la tabla 3 se han indicado los valores medios mensuales de las temperaturas efectivas de Missenard, junto con la correspondiente clase. A continuación se muestra

la expresión utilizada para el cálculo, siendo t la temperatura media del mes y HR la humedad relativa media del mes expresada en porcentaje.

$$TE = t - 0,4 (t - 10) (1 - HR/100)$$

Tabla 3: Temperaturas efectivas medias mensuales según el criterio de Missenard del Balneario de San Nicolás.

Mes	Temperatura efectiva media °C	Categoría
Enero	10,4	Fresco
Febrero	11,7	Fresco
Marzo	13,3	Suave
Abril	14,9	Suave
Mayo	18,0	Suave
Junio	21,2	Calor agradable
Julio	23,9	Calor agradable
Agosto	24,5	Calor moderado
Septiembre	21,1	Calor agradable
Octubre	17,3	Suave
Noviembre	14,1	Suave
Diciembre	11,7	Fresco
Anual	16,8	Suave

Los valores de temperatura efectiva obtenidos según Missenard muestran una variación entre sensación de “fresco” para los tres meses de invierno, “suave” para buena parte del otoño y la primavera y de “calor agradable” en algunos meses del verano siendo el mes de agosto el de más calor con una sensación de “calor moderado”.

6. ANÁLISIS DEL VIENTO

Los datos de viento a 10 metros han sido obtenidos de la estación meteorológica de Almería Aeropuerto, considerando todos los datos disponibles (período 1968-2015). A partir de estos datos se han generado las rosas de viento (figuras 11, 12, 13 y 14), en las que se representan gráficamente las frecuencias de ocurrencia de los valores de viento según dirección y velocidad media para cada una de las estaciones. Se puede apreciar que las direcciones dominantes del viento en primavera son, con similar frecuencia, el sur-oeste, oeste-sur-oeste y el este, con una frecuencia máxima de vientos con velocidades de entre 15 km/h y más de 28 Km./h y un porcentaje de calmas muy reducido, del 4,7%. En verano predominan ya claramente los vientos del este y suroeste, con un porcentaje de calmas de tan sólo el 5,0%. En los trimestres de otoño e invierno los vientos dominantes soplan además de

este y sur-oeste, también del norte es decir de tierra, estando el porcentaje de calmas para otoño invierno próximo a 5 como en el resto del año. Factores que pueden influir en el viento son: la orografía favoreciendo vientos de ladera del sur-oeste, así como un débil régimen de brisas, así como los vientos característicos del litoral mediterráneo con predominio de vientos del sector oeste en invierno y por los del sector este en verano.

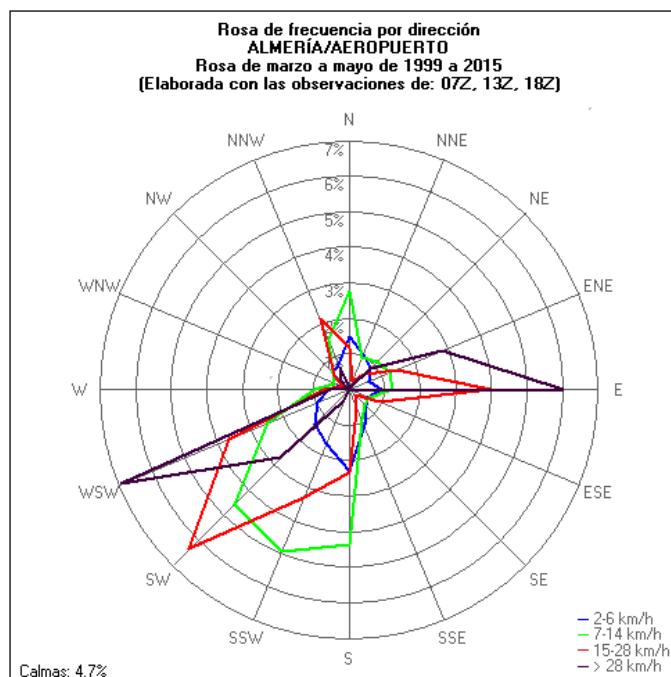


Figura 11: Rosa de vientos de la estación de Almería-aeropuerto correspondiente a los meses primaverales.

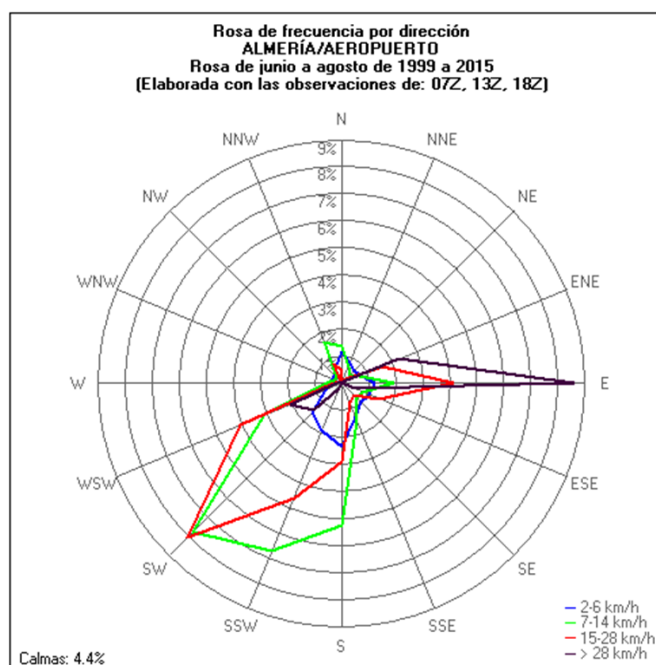


Figura 12: Rosa de vientos de la estación de Almería-aeropuerto correspondiente a los meses de verano.

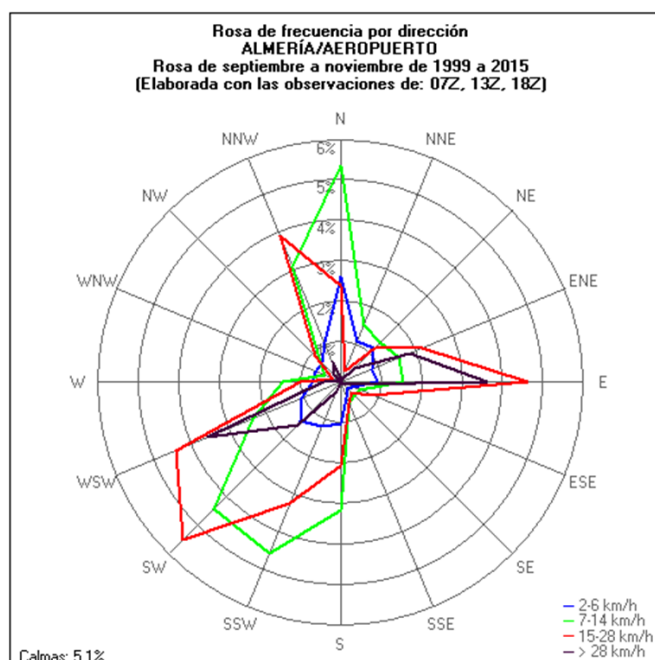


Figura 13: Rosa de vientos de la estación de Almería-aeropuerto correspondiente a los meses de otoño.

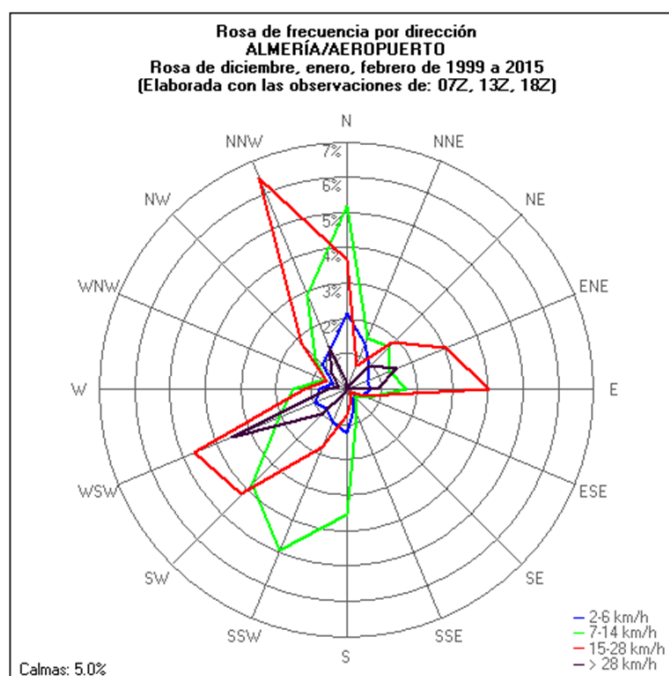


Figura 14: Rosa de vientos de la estación de Almería-Aeropuerto correspondiente a los meses de invierno.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. OMM. Guía de prácticas Climatológicas. OMM-100 (2011). Ginebra (Suiza).
Disponible on line en:

http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf

2. WMO, 1989. Calculation of monthly and annual 30-year standard normals. WCDP-No 10, WMO-TD/No341.
3. Botey R, Guijarro JA, Jiménez A. Valores normales de precipitación 1981-2010. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología de España “AEMET”, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013. Disponible on line en:
http://www.aemet.es/es/conocermas/publicaciones/detalles/Valores_mensuales_1981_2010
4. Agencia Estatal de Meteorología de España “AEMET” (2011). Guía resumida del clima en España (1981-2010). Disponible on line en
http://www.aemet.es/es/conocermas/publicaciones/detalles/guia_resumida_2010
5. Flores C, López JA. Extremos de Temperatura. En: Calendario Meteorológico 2010. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 2009; pp 266-78.
6. Rodríguez C. Olas de calor y frío en España desde 1975. En: Calendario Meteorológico 2013. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012; pp. 280-300.
7. Font I. Climatología de España y Portugal. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología, 1983.
8. De Martonne E. Une nouvelle fonction climatologique: L’Indice d’aridité. La Meteorologie 1926 ; 2 : 449–58.
9. De Martonne E. Traité de Géographie Physique. Paris, 1941. 3 v.
10. Landsberg HE. The assessment of human bioclimate a limited review of physical parameters. Technical note N°. 123 1972: WMO (WMO-331).
11. Gorczynski W. Sur le calcul du degré de continentalisme et son application dans la climatologie. Geografiska Annaler 1920; 2: 324–31.
12. AEMET e Instituto de Meteorologia de Portugal. Atlas Climático Ibérico. Madrid: Agencia Estatal de Meteorologia, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011.
13. Essenwanger OM. General Climatology 1C: Classification of Climates. Elsevier Science, 2001.
14. Mantero F, Galván Y. Climatología del Baleario de Alicún de las Torres. An R Acad Nac Farm 2009; 75 (E): 781-98.

15. Gregorzuk M, Cena K. Distribution of effective temperature over the surface of the Earth. *Int J Biometer* 1967; 11: 145-9.

Estudio de los suelos del entorno del Balneario de San Nicolás (Almería)

Title in English: *Study soil in the thermal environment of San Nicolás (Almería)*

Antonio López Lafuente^{1*}, Inmaculada Valverde Asenjo¹, José Ramón Quintana Nieto¹, Juan Pedro Martín Sanz¹, Ana de Santiago Martín², Concepción González Huecas¹

¹Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Plza. Ramón y Cajal s/n. 28040 Madrid, España. *lopezlafuente@farm.ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 125-138.

RESUMEN

Las propiedades físico-químicas de los suelos que se encuentran en la parte superficial de las capas freáticas, juegan un papel muy importante en las características hidroquímicas de las aguas subyacentes, pues fenómenos como disolución, hidrólisis y procesos de óxido-reducción de fracciones minerales y orgánicas de los suelos influyen de forma significativa en la composición de las mismas. Además, textura, estructura y materia orgánica del suelo son factores claves en la regulación del régimen hidrodinámico. En este trabajo analizamos las características edáficas de cuatro suelos muy significativos de los alrededores del Balneario de San Nicolás, ubicado en Alhama de Almería, Alpujarra Almeriense, situada a 450 msnm en la ladera norte de la Sierra de Gádor. Son suelos con escaso desarrollo, tipo AC, formados a partir de materiales sedimentarios constituidos por margas arenosas, calcarenitas, dolomías y yeso, los situados en las proximidades del Valle del Andarax, y por materiales de derrubios de ladera y pie de monte, con predominio de cuarcita, dolomías, calizas y calizas margosas, los situados en la Sierra de Gádor. Los suelos son carbonatados y están saturados, siendo el calcio el catión mayoritario. Presentan pHs básicos, bajo contenido en materia orgánica y texturas gruesas. Cuarzo, calcita, dolomita y yeso son los minerales más abundantes entre los no laminares, y son las micas los filosilicatos presentes en mayor proporción. El predominio de texturas gruesas y la pérdida de estructura en los horizontes profundos son determinantes en el grado de infiltración. Se han incluido en las unidades Regosoles y Calcisoles.

Palabras clave: suelos poco desarrollados; propiedades hidráulicas; zonas semiáridas; Alhama de Almería.

ABSTRACT

The physico-chemical properties of soils adjacent to aquifers play an essential role in the hydrochemical characteristics of the underlying waters. Thus, phenomena such as dissolution, hydrolysis and oxide-reduction processes of the mineral and organic fractions of soils may have a significant influence on the composition of these waters. Furthermore, soil texture, structure and organic matter are key factors regulating the hydrodynamic regime. In this work, the edaphic characteristics of four highly representative soils located in the thermal environment of San Nicolas in the Alhama de Almería municipality of the Alpujarra Almeriense region were analyzed. The area is part of the northern side of the Sierra de Gádor at an altitude of 450 masl. They are poorly developed soils, mainly AC profiles. Soils in the vicinity of the Andarax Valley are formed on sedimentary materials constituted by sandy marls, calcarenites, dolomites and gypsum, and those in the Sierra de Gádor developed on debris material from hillside and piedmont and mainly integrated by quartzite, dolomites, limestones and marly limestones. Soils are carbonated and saturated, with calcium being the major cation. They have basic pH values, low organic matter content and coarse textures. Quartz, calcite, dolomite and gypsum are the prominent minerals among the non-laminar ones, and micas among the phyllosilicates. The predominance of coarse textures and the loss of structure in the deep horizons are decisive in their infiltration capacity. They were classified as Regosols and Calcisols.

Keywords: soils poorly developed; hydraulic properties; semi-arid environment; Alhama de Almería

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las aguas subterráneas tienen su origen en la acumulación de las precipitaciones y aguas superficiales que se infiltran a través del suelo y se deposita en diferentes estratos a profundidades variables, en función del tipo de material subyacente (1). Las características fisicoquímicas de las rocas donde se acumula, determinan la composición del agua, y las discontinuidades estructurales en los materiales geológicos influyen, en gran medida, sobre las trayectorias complejas que presenta el flujo de agua en el sistema acuífero (2). Ahora bien, su composición no solo depende de factores como la litología, o la calidad de las aguas de recarga, también depende de la composición química de los suelos sobreyacentes, con especial incidencia en los fenómenos de disolución, hidrolisis y oxido-reducción de las fracciones minerales y orgánicas, y de las actividades antrópicas que puedan alterar su composición (3,4). La contaminación de los acuíferos sucede cuando la concentración del contaminante en el suelo o en el agua, alcanza valores que sobrepasen los niveles de referencia propuestos por las administraciones sanitarias nacionales o internacionales, y afectan la salud humana o del ecosistema (5, 6).

Es pues el suelo, uno de los elementos esenciales del sistema, su composición química y mineralógica -determinada por los factores formadores-, su posición en el ecosistema -superficie de la corteza terrestre-, hace que tenga una función determinante, tanto en la composición del agua, como en la recarga del acuífero. Textura, estructura, pH, conductividad, complejo de cambio, junto a los compuestos coloidales y la composición mineralógica, son algunos de los parámetros edáficos que determinan su capacidad de infiltración, por tanto, condicionan la llegada de elementos al agua subterránea, procedentes tanto, de la alteración órgano-mineral, como de la contaminación (7). Además de las características edáficas de los suelos sobreyacentes, la recarga del acuífero depende, de la precipitación y su distribución a nivel diario, de la temperatura, de la geomorfología y de la vegetación (8).

Tener conocimiento de la dinámica que afecta a la recarga natural de los acuíferos en zonas áridas y semiáridas es fundamental para la evaluación, conservación, gestión y planificación a corto, medio y largo plazo, de los recursos hídricos subterráneos (9).

En este trabajo estudiamos las características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas de suelos desarrollados en zonas semiáridas del suroeste de la provincia de Almería que circundan el Balneario de San Nicolás (Alhama de Almería), con el objetivo de describir los tipos de suelos más representativos de la zona, y analizar aquellas propiedades edáficas que condicionan los flujos de agua a lo largo del perfil.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Características del área de estudio

El Balneario de San Nicolás está ubicado en la población de Alhama de Almería, localidad de la Alpujarra Almeriense, situada a 450 msnm en la ladera norte de la Sierra de Gádor. Dos son los sectores geomorfológicos y paisajísticos que se divisan desde la casa balneario. En dirección septentrional se encuentra la depresión neógena correspondiente al Valle del Andarax, donde los sedimentos y la erosión configuran el tipo de paisaje (Foto 1). En dirección suroeste se encuentran los cerros San Marcos y Milano, con predominio de calizas y pizarras paleozoicas que imprimen una orografía escarpada a estas primeras estribaciones de la Sierra de Gádor (Foto 2).



Foto 1. Paisaje del Valle de Andarax.



Foto 2. Paisaje de la Sierra de Gádor.

El Valle del Andarax está formado por materiales sedimentarios, constituidos por margas, arenas limosas, gravas y conglomerados del Mioceno que, condicionados por la acción del viento y el agua de escorrentía, da origen a un paisaje, típico de zonas áridas y semiáridas, formado por piedemontes, conos aluviales, pendientes angulosas con cantos groseros, erosión en cárcavas o badlands y fenómenos de tubificación (10). En los alrededores de la población de Alhama de Almería, en dirección noreste, y colgado sobre los sedimentos del Plioceno y el Mioceno, con un desarrollo de varios metros de potencia, aparecen calizas travertínicas, actualmente en explotación en distintas canteras de la zona (11) (Foto 3).

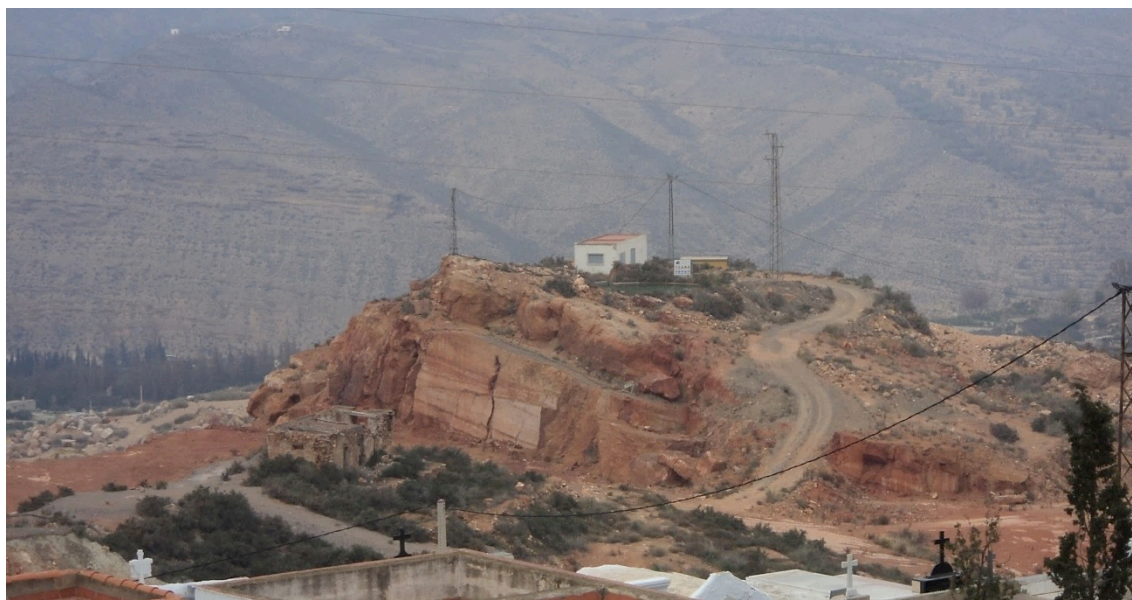


Foto 3. Paisaje de canteras en explotación.

Al suroeste del Balneario se encuentran las estribaciones correspondientes a la ladera norte de la Sierra de Gádor. Cadena montañosa que alcanza altitudes

superiores a los 2200m (Punta del Sabinar, 2236m) y que se extiende paralela al mar en el suroeste de la provincia de Almería (11). Su límite en el sur se encuentra en la comarca natural conocida como Campo de Dalías y en el norte en Sierra Nevada y Valle del Andarax. Los materiales que forman la sierra están constituidos fundamentalmente por: calizas y dolomías, apareciendo además: calizas margosas, micasquitos, filitas, yeso y cuarcitas (12), que configuran un paisaje condicionado por el tipo de roca. Así, mientras que la mayoría de los materiales alpujárrides desarrollan pendientes muy suaves y de perfil cóncavo, la orla carbonatada configura relieves muy enérgicos. La unión entre estos relieves y las depresiones neógenas se realiza en un corto espacio, bien por antiguos glaciares cuaternarios o por depósitos de pie de monte (11). La vegetación es escasa y la forman encinares (zonas altas), pinos de repoblación y matorrales típicos del bosque mediterráneo (13) (Foto 4).



Foto 4. Vegetación de la Sierra de Gádor.

2.2 Métodos analíticos

Los suelos fueron tomados en un glacis antiguo (12) situado a lo largo del camino en dirección oeste hacia la cumbre del cerro del Castillo, a diferentes altitudes entre 40 y 115 msnm, perfiles I, II y III. El perfil IV se localiza en la zona de La Plana a 2 km del pueblo en dirección al mar. La toma de muestras se realizó teniendo en

cuenta la variabilidad litológica, topográfica, de vegetación y de usos del territorio, encontrada.

2.3 Métodos analíticos

Los análisis se realizaron en la fracción fina del suelo (< 2 mm), de acuerdo con los métodos propuestos por ISRIC (14), y se determinaron los siguientes parámetros: El análisis granulométrico se llevó a cabo previa oxidación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno, la dispersión de las muestras se realizó con hexametáfosfato de sodio y agitación durante 8 h. La fracción arena se separó por tamizado, las fracciones limo y arcilla se determinaron utilizando el método de la pipeta de Robinson. El contenido de nitrógeno total se midió por análisis elemental en un analizador (LECO CNS 2000). El carbono orgánico total (COT) se cuantificó por oxidación húmeda de acuerdo con Walkley-Black (15), empleando un valorador automático 665 Dosimal (Metrohm). Para la capacidad de cambio catiónico se empleó una solución de 1M NH₄OAc a pH 7,0. La concentración de Ca y Mg, se cuantificó por espectroscopía de absorción atómica (AAS) (Analytikjena NovAA 300) y, por espectroscopía de emisión de llama, utilizando un fotómetro Sherwood 410, la concentración de Na y K. El pH se determinó en una suspensión suelo:agua con una relación 1:2,5 (p/v), medido en un pH-metro Crison GPL21. La conductividad eléctrica se midió en una suspensión agua:suelo con una relación 1:5 (p/v), medida en un conductímetro modelo Crison micro CM 2200. El CaCO₃ se determinó por el método de neutralización ácida. Se siguió el procedimiento USDA (16) para la determinación de la densidad aparente, de la densidad real y de la humedad del suelo a capacidad de campo. La porosidad se obtuvo indirectamente, por cálculo, a partir de los valores de las densidades real y aparente (16). La determinación de los valores de retención de agua del suelo (pF-curva) y de conductividad hidráulica saturada se realizó empleando funciones de pedotransferencia (FTP). Se trata de modelos que relacionan distintas variables edáficas con la humedad del suelo a potenciales de agua seleccionados y otras propiedades hidráulicas (17). Estas funciones se basan en ecuaciones que tienen como argumento básico atributos que describen al suelo (por ejemplo: distribución de tamaño de partículas, densidad aparente y contenido de carbono orgánico) (18). Para la identificación mineralógica, las muestras de suelo total (< 2mm) se introdujeron en porta-muestras de aluminio de carga lateral (para favorecer la orientación aleatoria de las partículas) y se analizaron en un difractómetro de rayos X EQ 0434520 31 02 (X'Pert MPD), se realizaron análisis continuos de 3-60° y con una velocidad de 0.04° por segundo. Las muestras se analizaron durante 60 minutos.

Las suspensiones y disoluciones se prepararon con agua purificada Milli-Q (>18MΩcm) y con reactivos de alta pureza de Merck (Alemania) y Sigma-Aldrich (St.

Louis, MO, EE.UU.). El material de vidrio empleado fue lavado con una solución acuosa de HNO₃ 0,1% durante 24 h y se aclaró con agua desionizada tipo I agua (Sistema de Purificación de Agua, Younglin, Aqua MAX-Basic serie 360). Se realizaron dos réplicas de cada uno de los análisis y los valores medios obtenidos fueron empleados para los cálculos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características morfológica de los suelos

Se han analizado muestras de cuatro perfiles tomados en los alrededores del Balneario, tres en la ladera norte de la Sierra de Gádor (Al-I; Al-III; Al-IV) y uno en los sedimentos cuaternarios del Valle del Ándarax (Al-II). Las características morfológicas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características morfológicas de los suelos.

Horz.	Prof. cm	Munsell Color (seco)	Munsell Color (húmedo)	Text.†	Estruct.‡	Resistencia ruptura (húmedo)#	Fragmentos rocosos ††	Límites §
<u>Perfil Al-I</u>								
Ah	0-15	5YR5/2	5YR4/3	fra	1fgr	mfr	3P	d
AC	15-50	5YR6/2	5YR5/2	fra	1fsb	mfr	3P	-
<u>Perfil Al-II</u>								
Ah	0-5	7,5YR6/0	7,5YR6/0	fra	1fgr	fr	1G	d
C	5-60	7,5YR7/0	7,5YR6/0	fr	se	fr	1G	-
<u>Perfil Al-III</u>								
Ah	0-5	5YR6/2	5YR5/2	-	1fgr	-	-	d
C	5-35	5YR7/2	5YR6/2	fr	se	fr	1G	cl
<u>Perfil Al-IV</u>								
Ah	0-3	10YR7/4	10YR6/4	-	1fgr	-	-	d
Ck	3-40	10YR7/6	10YR6/4	fa	1fp	mfr	1G	-

† Textura: fa, franco-arenoso; fr, franco-arcilloso, fra, franco-arcillo-arenoso; r, arcilloso; ra, arcillo-arenoso.

‡ Estructura: 1, débil; 2, media; 3, fuerte; f, fina; m, mediano. gr, granular; p, poliédrica, sb, bloque subangular, se, sin estructura.

Resistencia a la ruptura: mfr, muy friable; fr, friable; fi, firme.

†† Fragmentos rocos: cantidad 1, 2 y 3 corresponde a < 5%, 5-15% y 15-50%, respectivamente, G, grava; GS, mezcla de grava y piedra; P, piedra.

§ Límite: go, gradual ondulado; d, difuso; cl, contacto lítico.

El perfil Al-I está situado en las proximidades de la carretera que va de Roquetas a Alhama de Almería (A-391) en el km 16,300, a una altitud de 570 msnm, a media ladera en una zona escarpada de la vertiente norte de la Sierra de Gádor. Predomina una vegetación formada por matorral denso de retamas y distintas

especies de tomillar-romeral. Desarrollado a partir de materiales de derrubios de ladera y pie de monte, en los que predominan cuarcita, dolomías, calizas y calizas margosas (12). Suelo de escaso desarrollo, con 15 cm de horizonte Ah, de color gris rojizo (5YR5/2), estructura granular, muy enraizado, y con gran cantidad de inclusiones de trozos de roca. A partir de los primeros centímetros aparece un horizonte AC hasta los 50 cm de profundidad, de color gris rojizo (5YR6/2), estructura en bloques subangulares, da ligera reacción con HCl y fuerte inclusión de trozos de roca de tamaño medio y grande (Foto 5).

El perfil Al-II se encuentra al norte de la población de Alhama de Almería en dirección al Valle del Andarax, a unos 300 m del Balneario. El suelo está formado a partir de margas arenosas y calcarenitas, dolomías y yeso (12). El horizonte superficial Ah es poco profundo (5 cm), con escasos restos de vegetación halófila. Presenta un color gris claro (7,5YR6/0), con poca inclusión de raíces y estructura granular. El horizonte C, hasta 60 cm de profundidad, presenta un color gris claro (7,5YR7/0), sin estructura y, da ligera reacción con HCl (Foto 6).



Foto 5. Perfil Al-I.



Foto 6. Perfil Al-II.

Los perfiles Al-III y Al-IV, están tomados sobre distintos materiales situados en la Sierra de Gádor en los alrededores de la población de Alhama. El perfil Al-III situado junto a la carretera A-348 que une Alhama de Almería con Almería, frente a la cantera de calizas travertínicas (calizas formadas en condiciones de agua dulce) (19). La vegetación de la zona es escasa y está formada por diferentes tipos de tomillares y

pinar de repoblación. El suelo está poco desarrollado, constituido por un horizonte superficial, Ah de 5 cm, color gris rosáceo (5YR6/2), escasas raíces de tamaño pequeño. Presenta un límite difuso con el horizonte C de color gris rosáceo (5YR7/2), formado por distintos tipos de materiales margosos: calizos, yesíferos, y argilitas. Sin estructura, aparecen trozos de roca de fácil alteración, unos de color amarillo (2,5Y7/6), que dan reacción con HCl y otros trozos heterométricos de color gris (2,5Y 5/0), que no dan reacción con HCl (Foto 7).

El Perfil Al-IV, se localiza en la parte media del Cerro Milano a una altitud de 580 msnm, próximo al Mirador del Andarax (A-391). Se desarrolla a partir de calizas, argilitas, pizarras y yeso (Foto 8). Con escaso desarrollo superficial, apenas 3 cm de horizonte Ah de color pardo muy pálido (10YR7/4). Presenta un horizonte C subyacente de color amarillo (10YR7/6) formado por trozos de roca de distinto tamaño que forman lajas fácilmente alterables. La mezcla de materiales hace que haya materiales carbonatados y no carbonatados en el mismo horizonte.



Foto 7. Perfil Al-III.



Foto 8. Perfil Al-IV.

3.2. Propiedades químicas de los suelos

El perfil Al-I tiene un escaso desarrollo edáfico con una profundidad que no supera los 50 cm. Presenta un pH ligeramente básico en ambos horizontes, descendiendo ligeramente con KCl, lo que indica el alto grado de saturación. No se aprecian diferencias destacables entre ambos horizontes. Los valores de conductividad eléctrica, por debajo de 1 dSm^{-1} , ponen de manifiesto la ausencia de sales solubles. El carbono orgánico tiene valores moderados con ligero descenso en profundidad. Los valores de N siguen patrones similares a los del carbono, con una relación C/N por encima de 12 en superficie lo que nos da idea de un humus con moderada evolución, de acuerdo con el tipo de vegetación mayoritaria de la zona (Tabla 2). La capacidad total de cambio presenta valores moderados en el horizonte superficial, disminuyendo en el horizonte subyacente. El Ca es el catión mayoritario,

seguido del magnesio, como corresponde a los materiales sobre los que se ha desarrollado el suelo. Por el mismo motivo el complejo de cambio está saturado (Tabla 3).

Tabla 2. Parámetros físico-químicos seleccionados de los suelos del entorno del Balneario de San Nicolás.

Horz.	Prf.	pH	pH	CE†	Materia orgánica		C/N	M.O.††	Carb.§
					C	N			
					cm	H ₂ O			
Perfil Al-I									
Ah	0-15	8,2	7,9	0,3	34,3	2,8	12,2	58,9	59,3
AC	15-50	8,4	8,0	0,6	18,1	1,3	13,9	31,1	61,7
Perfi Al-II									
Ah	0-5	7,6	7,1	1,5	15,3	1,2	12,7	26,3	57,9
C	5-60	7,8	7,6	2,5	5,6	0,1	-	9,6	53,3
Perfil Al-III									
Ah	0-5	8,1	8,0	1,3	22,1	2,1	10,5	38,0	63,2
C	5-35	8,4	7,9	1,5	7,4	0,2	-	12,7	58,9
Perfil Al-IV									
Ah	0-3	7,9	7,5	1,9	28,1	2,6	10,8	48,3	25,8
Ck	3-40	8,2	7,8	3,2	8,1	0,2	-	13,8	30,3

†CE = Conductividad eléctrica

††M.O. = Materia orgánica

§Carb. = Carbonato cálcico.

El perfil Al-II formado a partir de margas calcáreas y yesíferas. Es un suelo poco desarrollo con apenas 5 cm de horizonte superficial. Los pH están próximos a la neutralidad, tanto en agua como en KCl, sin diferencias significantes entre los dos horizontes. La conductividad presenta valores altos, sobre todo el horizonte C donde llega a 2,5 dSm⁻¹, característico de la presencia de sales solubles, fundamentalmente yesos. Los contenidos de C orgánico y N son muy bajos en el horizonte superficial, así como la capacidad de cambio (Tabla 2). Como era de esperar, en función del material de partida, los suelos están saturados y es el calcio el catión mayoritario (Tabla 3).

El perfil Al-III. Presenta un escaso desarrollo con una profundidad máxima de 35 cm, bajo los cuales aparece la roca consolidada. Los pH son básicos con valores alrededor de 8 que no varían, prácticamente, en H₂O y en KCl. La conductividad es baja en todo el perfil con valores que no superan 1,5 dSm⁻¹. El contenido en carbono orgánico es bajo y la cantidad de N, en comparación con el carbono, es relativamente alta, lo que origina una relación C/N próxima a 10 indicando un alto grado de humificación. Las proporciones de carbonatos son elevadas con cantidades en torno a 60 g kg⁻¹, que es la mayor cantidad encontrada en los suelos estudiados. (Tabla 2). El valor de la capacidad de intercambio iónico está en consonancia con los valores de

materia orgánica y también de arcilla (Tabla 3). Es el Ca el catión mayoritario en el complejo de cambio seguido del magnesio que también presenta valores altos.

El perfil Al-IV desarrollado a partir de calizas, margas yesíferas y pizarras, tiene una profundidad de 40 cm y está formado por un horizonte A y otro C. El horizonte superficial, de apenas 3 o 4 cm de media, forma una fina capa de acumulación de materia orgánica sobre el horizonte C. Presenta todo el perfil una gran cantidad de inclusiones de trozos de roca de diferente tamaño y diferente grado de alteración. El pH es ligeramente básico, y disminuye media unidad con KCl. El contenido en carbono orgánico es relativamente alto descendiendo bruscamente a partir de los primeros centímetros. El valor del N en superficie es también elevado dando una relación C/N de 10,8. Los valores de conductividad (CE) son ligeramente mayores a los encontrados en los suelos precedentes, con un máximo en el horizonte C que sobrepasa los 3 dSm⁻¹, indicando la presencia de sales solubles. Por el contrario, los valores de CaCO₃, son los más bajos de los suelos analizados con un ligero incremento al profundizar en el perfil. (Tabla 2). La capacidad de intercambio catiónico, presentan un valor más alto en superficie, disminuyendo mucho en profundidad. Es el calcio el catión mayoritario, aunque destaca la notable concentración de Na (Tabla 3).

Tabla 3. Complejo de cambio catiónico de los suelos del entorno del balneario de San Nicolás.

Horz.	Prf. cm	CIC†	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ¹⁺	K ¹⁺	Saturación
cmol (+) kg ⁻¹							
<u>Perfil Al-I</u>							
Ah	0-15	26,4	32,1	11,8	4,3	0,9	Saturado
AC	15-50	17,8	27,3	9,1	5,0	1,6	Saturado
<u>Perfil Al-II</u>							
Ah	0-5	18,5	28,9	6,8	6,7	0,7	Saturado
C	5-60	12,3	43,7	10,1	3,8	0,5	Saturado
<u>Perfil Al-III</u>							
Ah	0-5	24,7	21,8	15,7	3,2	0,7	Saturado
C	5-35	14,8	27,6	4,4	1,2	1,1	Saturado
<u>Perfil Al-IV</u>							
Ah	0-3	21,3	29,3	11,3	10,2	0,2	Saturado
Ck	3-40	15,7	17,8	3,5	5,2	0,7	Saturado

†CIC= Capacidad de intercambio catiónico

En la Tabla 4 se muestra el contenido en cationes y aniones solubles. Como se puede ver hay un predominio de calcio en todos los suelos analizados, destacando los suelos Al-II y Al-III, donde los contenidos sobrepasan 1 g.Kg⁻¹, llegando casi a 2 g.Kg⁻¹ en el horizonte C del perfil desarrollado sobre materiales sedimentarios del valle del Andarax. Estas concentraciones junto a los altos contenidos en sulfatos nos indican el material sobre el que se han desarrollado estos suelos, predominantemente yesos. También son elevados los contenidos en Mg²⁺ y Na⁺, que junto a las concentraciones

elevadas de Cl^{-1} procedentes de los materiales margosos micénicos con abundantes niveles evaporíticos (20), forman sales más solubles que el yeso, como son: NaCl o MgCl_2 . Es de destacar la elevada concentración de NO_3^{-} en el perfil Al-III donde los valores están en torno a los 350 mg.kg^{-1} . El incremento tan fuerte de este anión solo se puede explicar por el hecho de que las muestras de suelo están tomadas en la parte baja del pueblo, donde por haber gran cantidad de zonas cultivadas, se hayan acumulado nitratos procedentes del abonado y transportado por las aguas de escorrentía..

Tabla 4. Cationes y aniones solubles de los suelos del entorno del Balneario de San Nicolás.

Horz.	Prf.	Cationes solubles				Aniones solubles			
		K	Na	Mg	Ca	SO ₄	NO ₃	Cl	CO ₃
		mg kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
Perfil Al-I									
Ah	0-15	8,41	63,40	30,10	215,80	43,80	23,04	50,41	150,13
AC	15-50	5,32	45,23	24,92	181,65	52,19	38,43	78,60	147,21
Perfil Al-II									
Ah	0-5	20,15	70,81	176,13	1.743,21	3.3343,21	26,15	103,53	163,04
C	5-60	13,17	60,07	189,35	1.996,00	4.978,57	40,32	86,08	181,23
Perfil Al-III									
Ah	0-5	3,84	899,21	408,60	1.213,80	3.636,05	346,81	2.300,15	90,47
C	5-35	5,86	924,40	515,21	1.545,00	4.542,08	352,86	2.486,09	115,81
Perfil Al-IV									
Ah	0-3	4,20	263,74	136,41	630,26	1.715,59	57,03	760,53	193,80
Ck	3-40	2,11	315,17	181,30	780,50	2.135,19	47,08	640,80	161,27

3.3 Propiedades físicas de los suelos

Los valores de las propiedades físicas de los suelos están reflejados en las Tablas 5, 6 y 7 que nos permitirán analizar la capacidad del suelo para regular la circulación del agua, del aire y la movilidad de constituyentes y organismos, lo cual tiene una gran trascendencia en la contaminación de suelos y acuíferos, en la erosión edáfica, en la recarga subterránea o en el establecimiento del balance hídrico (21).

El tamaño de las partículas minerales que forman los suelos es un parámetro fundamental para analizar la capacidad de retención y de infiltración del agua. Como se puede ver en la Tabla 5 en general presentan estos suelos unas texturas equilibradas sin diferencias significativas a lo largo del perfil. Hay un predominio de los tamaños de partícula más gruesos, las fracciones arena gruesa y arena fina suman en todos los casos más del 50% a lo largo del perfil en los cuatro suelos analizados. Por otro lado, también es de destacar que entre las fracciones finas es la fracción arcilla la mayoritaria. Este hecho tiene una notable influencia en la porosidad, ya que

un tamaño homogéneo en alguna de las fracciones, en este caso en la fracción limo, aumenta el tamaño del poro, resultando menos eficaz el empaquetamiento de las partículas, lo que facilita la penetrabilidad (7).

Tabla 5. Distribución del tamaño de partícula de los suelos del entorno del Balneario de San Nicolás.

Horz.	Prof. cm	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Textura
%						
<u>Perfil Al-I</u>						
Ah	0-15	28,4	26,3	15,8	29,5	Franco-arcillo-arenoso
AC	15-50	25,6	30,1	18,6	25,7	Franco-arcillo-arenoso
<u>Perfil Al-II</u>						
Ah	0-5	34,2	21,8	18,4	25,6	Franco-arcillo-arenoso
C	5-60	30,5	23,3	14,5	31,7	Franco-arcilloso
<u>Perfil Al-III</u>						
Ah	0-5	27,5	29,3	19,1	24,1	Franco-arcillo-arenoso
C	5-35	19,5	28,3	20,7	31,5	Franco-arcilloso
<u>Perfil Al-IV</u>						
Ah	0-3	-	-	-	-	-
Ck	3-40	39,4	22,4	18,9	19,3	Franco-arenoso

Los valores observados en el estudio de la densidad aparente y la densidad real muestran cantidades consideradas como habituales en suelos de regiones áridas, no aparecen diferencias significativas a lo largo de los perfiles (Tabla 6). Esto mismo lo podemos observar cuando analizamos los valores de porosidad que oscilan entre 46% y 48%, y son cantidades relativamente elevadas, muy homogéneas. Por tanto, la textura resulta determinante en la porosidad de estos suelos.

En la Tabla 7 se muestran los parámetros hidráulicos que nos permiten analizar la retención de agua en los suelos. Como se puede ver los valores en cada uno de los perfiles son muy similares entre sí y en profundidad, acorde con la textura de estos suelos. No obstante, se aprecian diferencias en los datos de conductividad hidráulica. Otros factores claves de especial significación en la variabilidad de dicho parámetro, son la estructura y contenido en materia orgánica, parámetros que pueden variar a corto y medio plazo (lluvias intensas, cambios en la vegetación, etc., que se presentan en el momento del muestreo). La influencia de la textura es clara en el perfil Al-IV que alcanza el máximo valor de permeabilidad, 0,78 cm h⁻¹ en el horizonte Ck (Tabla 5). La reducción de la permeabilidad se puede atribuir, en los perfiles Al-II y Al-III, a la pérdida de estructura en los horizontes más profundos (Tabla 1) y en horizonte superficial del perfil Al-I, además, al aumento en el contenido en materia orgánica (Tabla 2).

Tabla 6. Parámetros físicos seleccionados de los suelos del entorno del Balneario de San Nicolás.

Horz.	Prof.	Densidad aparente	Densidad real	Porosidad
	cm	g/cm ³		%
<u>Perfil Al-I</u>				
Ah	0-15	1,41	2,71	47,97
AC	15-50	1,44	2,72	47,06
<u>Perfil Al-II</u>				
Ah	0-5	1,43	2,72	47,43
C	5-60	1,40	2,67	47,56
<u>Perfil Al-III</u>				
Ah	0-5	1,45	2,70	47,01
C	5-35	1,42	2,75	48,36
<u>Perfil Al-IV</u>				
Ah	0-3	-	-	-
Ck	3-40	1,53	2,87	46,69

Tabla 7. Parámetros hidráulicos seleccionados de los suelos del entorno del Balneario de san Nicolás.

Horz	Prof.	Punto marchitamiento	Capacidad campo	Agua saturación	Agua disponible	Conductividad hidráulica
	cm		cm ³ agua/cm ³ suelo			cm/h
<u>Perfil Al-I</u>						
Ah	0-15	0,17	0,27	0,48	0,10	0,29
AC	15-50	0,15	0,26	0,47	0,10	0,41
<u>Perfil Al-II</u>						
Ah	0-5	0,15	0,26	0,47	0,10	0,41
C	5-60	0,18	0,28	0,48	0,10	0,24
<u>Perfil Al-III</u>						
Ah	0-5	0,15	0,27	0,48	0,10	0,32
C	5-35	0,18	0,29	0,49	0,11	0,27
<u>Perfil Al-IV</u>						
Ah	0-3	-	-	-	-	-
Ck	3-40	0,13	0,23	0,45	0,10	0,78

3.4. Mineralogía de la fracción menor de 2 mm.

Hemos realizado difracción de RX en muestras en polvo desorientado de los horizontes C de los cuatro suelos estudiados. El resultado de los difractogramas se muestra en la Figura 1. Las reflexiones correspondientes a la presencia de cuarzo,

calcita y dolomita son constantes en todos los perfiles, aunque con intensidades diferentes.

En el perfil Al-I es el cuarzo el principal mineral no laminar por sus reflexiones a 0.42nm, 0.33nm (máxima intensidad) y 0.181 nm. Le sigue en abundancia minerales carbonatados como la calcita por sus reflexiones a 0.30 nm (máxima intensidad), 0.22 nm y 0.187 nm y dolomita con reflexiones a 0.288 nm (máxima intensidad), 0.219 nm y 0.178 nm. La presencia de filosilicatos 2:1 se pone de manifiesto por las reflexiones a 1,01 nm y 0,5 nm posiblemente debidas a la existencia de micas. En menor proporción aparece minerales del grupo de feldespatos por las débiles reflexiones a 0.322 nm (Figura 1a).

La muestra correspondiente al perfil Al-II, evidencia una clara presencia de calcita por sus fuertes reflexiones a 0.303 nm, 0.288 nm y 0.210 nm. La dolomita se pone de manifiesto por sus reflexiones a 0.288 nm y sucesivas. La presencia de yeso se muestra por sus reflexiones a 0.751 nm, 0.426 nm y 0.305 nm. El cuarzo es el mineral silicatado no laminar más abundante (0.33nm y 0.181 nm). Dentro del grupo de minerales filosilicatados, se detecta clorita por encontrar reflexiones a 1.40 nm, 0.70 nm y 0.47 nm; siendo las micas los minerales más abundantes por sus intensas reflexiones a 0,99 nm y 0,33 nm que presentan un alto grado de cristalinidad por la simetría de sus reflexiones (Figura 1b).

La mineralogía de la muestra correspondiente al Perfil Al-III se caracteriza por la presencia de micas por la reflexión a 0,99 nm y sucesivas, como filosilicatos más abundantes de la fracción arcilla. Por las débiles reflexiones a 0.71 nm y 0.356 nm podría tratarse de caolinita. Cuarzo, calcita y dolomita, en menor proporción son los minerales no silicatados que presenta este perfil (Figura 1c).

El difractograma de RX de la muestra analizada del perfil Al-IV, refleja la presencia de micas por la reflexión a 1,01 nm y 0.50 nm dentro del grupo de filosilicatos. El cuarzo es el mineral no laminar más significativo por su intensa reflexión a 0,33 nm y sucesivas, aparece presencia de calcita y posible trazas de dolomita (Figura 1d).

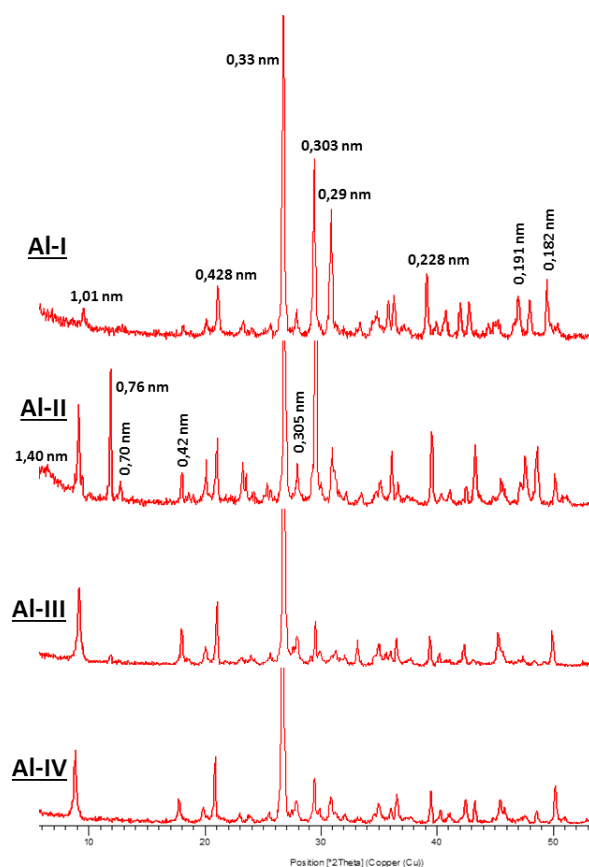


Figura 1. Difractogramas de Rayos-X muestras desorientadas de la fracción tierra fina (Cu α -radiación).

4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos superficiales y poco desarrollados (por ejemplo, Leptosoles, Regosoles y Arenosoles), Calcisoles, Gipsisoles y Solonchaks, cubren la mayor parte del área de estudio, y representan un paisajes único en Europa (22).

En nuestro caso y de acuerdo con la clasificación WRB (23), los suelos estudiados se ha incluido en las unidades Regosoles y Calcisoles.

AI-I: Regosol calcárico. El contenido en materia orgánica es moderado con gran diferencia entre el horizonte Ah y el horizonte AC. La capacidad de cambio presenta valores elevados en horizonte superficial, debido en gran medida a la proporción de arcilla que tiene el horizonte Ah, y el complejo de cambio está saturado en calcio. El pH es ligeramente superior a 8, y el carbonato cálcico está presente a lo largo del perfil con un alto contenido, sin diferencias apreciables entre horizontes. Por tanto, por ser un suelo de escaso desarrollo que no presenta más que un horizonte superficial ócrico, formado a partir de materiales no consolidados, se le incluye dentro de los Regosoles y por ser calcáreos entre los 20 y 50 cm de profundidad se clasifica como Regosol calcárico.

Este tipo de suelo es uno de los más extendidos en la provincia y se asocia a materiales calcáreos no consolidados (margas, margocalizas, derrubios, etc..) en superficies que han sufrido intensos procesos de erosión. Se suelen asociar a Calcisoles, Cambisoles e incluso Gipsisoles. Suelen estar cultivados, bien de olivos en las áreas de textura más fina, o de almendros en las zonas de textura más gruesa y elevada pedregosidad. También son frecuentes áreas de matorral que, al aumentar la altitud, se sustituyen por encinares aclarados y repoblaciones (11, 24).

Al-II: Regosoles gipsíricos. La escasa proporción de materia orgánica en todo el suelo, una capacidad de cambio también baja, a pesar que la proporción en arcilla no es excesivamente baja, presenta una textura franco-arcillo-arenosa en superficie y franco-arcillosa en profundidad. Tiene pH_s de 7,6 y 7,8 en los respectivos horizontes, una conductividad eléctrica 2,5 dS m⁻¹ en el horizonte más profundo, y está desarrollado sobre margas con yeso. En base a esto, son suelos con características de Regosol que al presentar cristales de yeso a partir de los 20 cm, se le clasifica como Regosol gipsílico.

Este tipo de suelo se suelen asociar a Regosoles calcáricos y a otros suelos con horizonte cálcico (Calcisoles arídicos). Suelos estos últimos que están ligados a las áreas más secas de la provincia y presentan una secuencia de horizontes ócricocálcico. Suelen ser poco pedregosos, de textura franca, pobres en materia orgánica y nutrientes, pH en torno a 8, y a veces tienen una conductividad relativamente elevada (alrededor de 4 dS/m), por lo que se pueden ver asociados a Solonchaks (11, 24).

Al-III: Regosoles lépticos El contenido en materia orgánica es moderado en superficie con un brusco descenso en el horizonte más profundo, con una evolución similar en los valores de la capacidad de cambio, relativamente elevada, en el horizonte Ah; el complejo de cambio está saturado en bases, siendo el calcio el catión mayoritario. Los pHs son básicos con valores en torno a 8 y el contenido en carbonato cálcico es elevado a lo largo del perfil. En base a estos datos, presentar un contacto lítico dentro de los primeros 50 cm y pedregosidad elevada, este suelo se le ha clasificado como Regosol léptico.

Este tipo de suelos, son muy pedregosos, con textura de franco-arenosa a arenosa-franca y a veces más fina, con un contenido en materia orgánica de moderado a bajo, relacionado con el piso bioclimático en que se hallen ubicados. El contenido en carbonato cálcico es variable y depende de la roca madre, asociándose con Regosoles calcáricos o eútricos y Leptosoles calcáricos, móllicos o réndzicos, según sea la naturaleza del horizonte A (11, 24).

Al-IV: Calcisol háplico. Caracterizado por un escaso contenido en materia orgánica en superficie, una baja capacidad de cambio, una textura franco arcillo arenosa en el horizonte más profundo, valores de pHs básicos y presencia de

carbonato cálcico con un aumento en profundidad hace que este suelo sea clasificado como Calcisol háplico.

Es una de las unidades taxonómicas más abundantes en la provincia de Almería debido al tipo climático, árido o semiárido, abundancia de zonas carbonatadas lo que favorece la presencia de un horizonte cálcico. Los Calcisoles háplicos pueden presentar morfologías muy variadas en función de la naturaleza del material original. Se suelen asociar a Cambisoles calcáricos en función de la aparición de un horizonte cámbico (11, 24).

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y por la Comunidad de Madrid (CAM) a través del Grupo de Investigación 950605 y la Red CARESOIL, Ref. P2013/MAE-2739.

6. REFERENCIAS

1. Stephen Foster, Hirata Ricardo, Gomes Daniel, D'Elia Mónica, Paris Marta. Protección de la Calidad del Agua Subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Groundwater Management Advisory Team (CWeMATE) en colaboración con Global Water Partnership co-auspiciado por WHO-PAHO-CEPIS y UNESCO-ROSTLAC-PHI. 2. 2007.
2. Carrillo-Rivera, J.J. Application of the groundwater-balance equation to indicate interbasin and vertical flow in two semi-arid drainage basins, Mexico. Hydrogeology Journal 2000; 8: 503-520.
3. Helena Beatriz, Pardo Rafael, Vega Marisol, Garrado Enrique, Fernández José Manuel, Fernández Luis. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. Water Research 2000; 34-3: 807-816.
4. López-Geta Juan Antonio, Fornés Azcoiti Juan María, Ramos González Gerardo, Villarroya Gil Fermín. Las Aguas Subterráneas: un recurso natural del subsuelo. 4ª ed. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. 2009.
5. Foster, S.S.D. Vulnerability of soil and groundwater to pollutions. Hydrol. Proc. Inf. 1987; 20 -17: 116-121.
6. Kazakis K., Voudouri S. Groundwater vulnerability and pollution risk assessment of porous aquifers to nitrate: Modifying the DRASTIC method using quantitative parameters Journal Hydrology. 2015; 525: 13-25.
7. Moreno Merino L., González Huecas C., López Lafuente A. Características edáficas condicionantes de la vulnerabilidad a la contaminación de aguas

- subterráneas situadas bajo Fluvisoles calcáricos. Boletín Geológico y Minero. 1995; 106-2: 45-46.
8. Custodio E. Recarga a los acuíferos extensos a partir de la deposición atmosférica de cloruros y de la temperatura del terreno. Boletín Geológico y Minero. 2009; 120-4: 631-640.
 9. Espinosa-Martínez. S., Custodio E., Loaso-Vierbücher. Comparación de la recarga natural estimada con el balance de agua en el suelo y con el balance de la deposición atmosférica de cloruro en un sistema carbonatado en el área semiárida del Baix Ebre, Cataluña, España. C. Ingeniería del Agua. 2015; 19: 135-155.
 10. Thomas A. Hose Geotourism in Almeria Province, southeast Spain. TOURISM 2007; 55- 3: 259-276.
 11. Simón Torres, Mariano. Almería factores formadores y suelos. Mariano Simón Torres (Ed.). 2005.
 12. Instituto Geológico y Minero de España, Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. Hoja nº 1044 (Alhama de Almería). Madrid, 1983.
 13. Rivas-Martínez S. Memoria de series de vegetación de España. 1:400.000. ICONA, Madrid, Spain. 1987.
 14. International Soil Reference and Information Center. Procedures for Soil Analysis; 3th. Ed. International Soil Reference and Information Center; Wageningen, 2002.
 15. Walkley A, Black A. A critical examination of rapid methods for determining organic carbon in soils. Soil Science 1974; 62: 251-254.
 16. USDA. Guía para la evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. 1999.
 17. Damiano F., Taboada MA. Predicción del agua disponible usando funciones de pedotransferencia en suelos agrícolas de la región pampeana. Ciencia del Suelo 2000; 18 (2): 77-88.
 18. Kern J S. Evaluation of soil water retention models based on basic soil physical properties. Soil Science Society of America Journal 1995; 59: 1134-1141.
 19. García del Cura María Ángeles, la Iglesia Ángel, Ordóñez Salvador, Sanz-Montero María Esther, Benavente David. Óxidos de Hierro y Manganese en Travertinos de Alhama de Almería. Macla 2008; 9: 107-108.
 20. Sánchez-Martos F., Pulido-Bosch A., Vallejos A., Gisbert J., Molina L. Aspectos hidrogeoquímicos sobre la relación aguas subterráneas-aguas superficiales en el río Andarax (Almería). Geogaceta 2005; 37: 91-94.
 21. Martínez Fernández J., Ceballos Barbancho A. Estimación de propiedades hídricas de los suelos mediante el uso de funciones de edafo-transferencia. Temas de Investigación en Zona no Saturada. J. J. López, M. Quemada (Eds.). Actas de las V Jornadas sobre Investigación de la Zona no Saturada del Suelo. 2001.

22. Juan José Ibáñez, Rufino Pérez-Gómez, Cecilio Oyonarte, Eric C. Brevik. Are there arid land soils in southwestern Europe? *Land Degradation & Development* 2015; 26: 853–862.
23. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO, Roma; 2014.
24. Aguilar Ruiz, José. Proyecto LUCDEME, Mapa de Suelos Escala 1:100.000, Provincia de Almería 2004.

Vegetación del entorno del Balneario de San Nicolás

Title in English: *The vegetation of San Nicolás spa environment*

Daniel Sánchez-Mata^{1*}, Irene Sánchez Gavilán², Miguel Ladero Álvarez³

¹Departamento de Biología Vegetal II, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid;

²Departamento de Biología Molecular, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma, Cantoblanco (Madrid);

³Herbario de la Universidad de Salamanca. * dsmata@ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 139-156.

RESUMEN	ABSTRACT
Se presenta una síntesis de la caracterización del entorno geográfico y de la vegetación natural del Balneario de San Nicolás, localizado en Alhama de Almería (Almería, Andalucía). Esta población, de ubicación privilegiada, domina la rambla del río Andarax y resulta un magnífico acceso para la exploración del entorno del conjunto montañoso de la Sierra de Gádor; además, la localidad, es una de las vías de acceso a las Alpujarras tanto almerienses como granadinas. A pesar del uso intensivo del territorio desde tiempos prehistóricos, el entorno de la Sierra de Gádor aún conserva importantes valores ecológicos y naturalísticos.	A synthesis of the environmental characterization and natural vegetation of the geographic area of the San Nicolás spa, placed in Alhama de Almería (Almería, Andalusia), are presented. This village shows a privileged location on the upper part of the Andarax river canyon, having a wonderful access to explore the mountain environments of the Sierra de Gádor; moreover, the village is also a natural door to visit the Alpujarras natural region, in both Almería and Granada territories. Despite the intensive landscape human use since prehistorical times, some remarkable ecological and naturalistic features preserved at Sierra de Gádor deserve to be protected.
Palabras clave: Balneario de San Nicolás; Alhama de Almería; vegetación de Almería; Sierra de Gádor.	Keywords: San Nicolás spa; Alhama de Almería; vegetation of Almería; Sierra de Gádor.

1. INTRODUCCIÓN Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El Balneario de San Nicolás se encuentra ubicado en el municipio almeriense de Alhama de Almería situado en la vertiente septentrional de la Sierra de Gádor y orientado hacia la amplia rambla del río Andarax a 520 m asl de altitud. (Figura 1). La localización geográfica privilegiada de este municipio le confiere el carácter de auténtica encrucijada biogeográfica entre los territorios murciano-almerienses y los genuinamente béticos de carácter orófilo siendo, además, una de las vías naturales de

acceso a las áreas alpujarreñas tanto almerienses como granadinas en una ruta natural entre Almería y Granada (Figura 2). El valor ecológico y naturalístico de la zona se pone de manifiesto al estar el área que estudiamos considerada en el LIC - Natura 2000 de Sierras de Gádor y Énix en un área carente aún del nivel de protección adecuado. Además, la proximidad al Parque Nacional de Sierra Nevada eleva la importancia del territorio.

El balneario está ubicado en el NO de la población de Alhama de Almería y cuenta con excelentes instalaciones y un jardín interior destacable (Figura 3). Se encuentra próximo a un paraje abierto hacia la rambla del río Andarax donde se ubican las ruinas del conocido poblado prehistórico de Los Millares, referente mundial en el período Calcolítico y que fue ocupado durante los siglos IV y III bP.

En la presente contribución seguiremos en el ámbito bioclimático y biogeográfico las propuestas de Rivas-Martínez y otros (1, 2); en lo taxonómico, salvo indicación de autoría expresa, las propuestas de los volúmenes publicados de *Flora iberica* (3) o, en su defecto, lo compendiado en la base de datos *Euro+Med PlantBase* (4); en Sintaxonomía, asimismo, las propuestas de Rivas-Martínez y otros (5, 6, 7) que se compendian en el esquema sintaxonómico que se incluye en este estudio.



Figura 1. Vista panorámica de Alhama de Almería con las formaciones montañosas de la Sierra de Gádor y las estribaciones de Sierra Nevada en el horizonte.



Figura 2. Esquema cartográfico de la geografía de las sierras granadinas y almerienses con la ruta marcada entre las dos capitales de provincia y recorrido por las Alpujarras.



Figura 3. Balneario de San Nicolás (Alhama de Almería), de izquierda a derecha, a) entrada principal; b) vista del jardín del patio interior.

2. LA SIERRA DE GÁDOR. RESEÑA GEOLÓGICA

La Sierra de Gádor y sus estribaciones en Enix (Morrón, 2242 m asl) constituyen una formación geológica integrada, básicamente, por materiales carbonatados (calizas y dolomías) emergidos durante la Orogenia Alpina que fueron alterados por procesos de origen volcánico e hidrotermal. De este pasado geológico procede la riqueza mineral del área en depósitos de plomo, zinc, plata y azufre explotados desde la antigüedad.

Diversos estudios geológicos del área quedan incluidos en numerosas contribuciones sobre las cordilleras béticas y las formaciones alpujárrides. Destacan por su precisión y alcance el estudio monográfico de Jacquin (8) y diversas contribuciones de Sanz de Galdeano de las que destacamos el estudio geológico del borde oriental de la Sierra de Gádor (9).

3. RESEÑAS BIOCLIMÁTICA Y BIOGEOGRÁFICA

Los datos correspondientes a las estaciones climáticas disponibles en el territorio circundante a Alhama de Almería nos permiten reconocer la variabilidad bioclimática (termo- y ombroclimática) del mismo. Los ombroclimogramas seleccionados que presentamos han sido recopilados de la base de datos climáticos mundiales *Climate-Data* <https://en.climate-data.org> y se incluyen en las figuras adjuntas. Corresponden a las localidades de Alicún y Gádor –en el entorno más próximo a Alhama de Almería- y a Énix y Félix en la catena propia de la Sierra de Gádor (Figuras 4-7).

Reconocemos en la zona los termotipos termo- (el más extenso en área territorial), meso-, supra- y oromediterráneo en la catena altitudinal natural de la Sierra de Gádor.

El área donde se ubica Alhama de Almería (en un área abierta a la rambla del río Andarax) corresponde al termotipo termomediterráneo superior con un ombroclima semiárido superior.

En líneas generales, la vegetación potencial correspondiente a los territorios termomediterráneos con ombroclima semiárido generalizado (caso de Alhama de Almería, Gádor, Alicún y Énix) o incluso árido, está integrada por los matorrales potenciales de estructura abierta dominados por el azufaifo o arto rojo (*Ziziphus lotus*, Rhamnaceae) y por el salado (*Salsola oppositifolia*, Chenopodioideae, Amaranthaceae); en ombroclimas semiárido superior y seco inferior se desarrollan los matorrales con

lentisco (*Pistacia lentiscus*, Anacardiaceae), palmito (*Chamaerops humilis*, Palmaceae) y espio negro (*Rhamnus lycioides*, Rhamnaceae).

En cuanto a niveles altitudinales superiores, ya en la catena general de la vegetación potencial de la Sierra de Gádor y estribaciones, reconocemos los termotipos meso-, supra- y oromediterráneo. La vegetación potencial de las áreas de termotipo meso- y supramediterráneo corresponde a encinares (*Quercus rotundifolia*, Fagaceae) mientras que en las áreas cumbreñas oromediterráneas los sabinars de sabina rastrera (*Juniperus sabina*) estructuran la vegetación potencial orófila de la sierra de Gádor.

En la actualidad son las etapas seriales, todas ellas de origen antrópico, las que cubren, mayoritariamente, el paisaje de nuestro territorio. Restos de matorrales potenciales con azufaifos, lentiscos, palmitos, espinos negros y sus diversas etapas seriales cubren extensos territorios; pequeñas manchas de encinares abiertos o adehesados y amplias áreas cubiertas de matorrales almohadillados culminícolos representan la vegetación natural real de la zona. El uso intensivo del territorio se remonta a épocas prehistóricas quedando los aprovechamientos agrícolas delimitados por las ramblas y cursos intermitentes de agua estacional.

El encuadre biogeográfico del área contribuye a incrementar su valor naturalístico. Se ubica en un amplio ecotono entre los territorios murciano-almerienses termomediterráneos semiáridos y las formaciones montañosas béticas (gadorenses y alpujarreñas). La biogeografía de nuestro territorio se resume en el reconocimiento de las provincias biogeográficas Murciano-Almeriense (sector Almeriense, distrito Almeriense occidental) y Bética (sector Alpujarreño-Serrano Gadorense, distrito Serrano Gadorense) siguiendo las últimas propuestas sobre la Biogeografía de la Península Ibérica de Rivas-Martínez y colaboradores (2). El esquema biogeográfico sería:

- Región Mediterránea

-- Subregión Mediterránea occidental

--- Provincia Murciano-Almeriense

1. Sector Almeriense, distrito Almeriense occidental

--- Provincia Bética

2. Sector Alpujarreño-Gadorense, distrito Serrano Gadorense

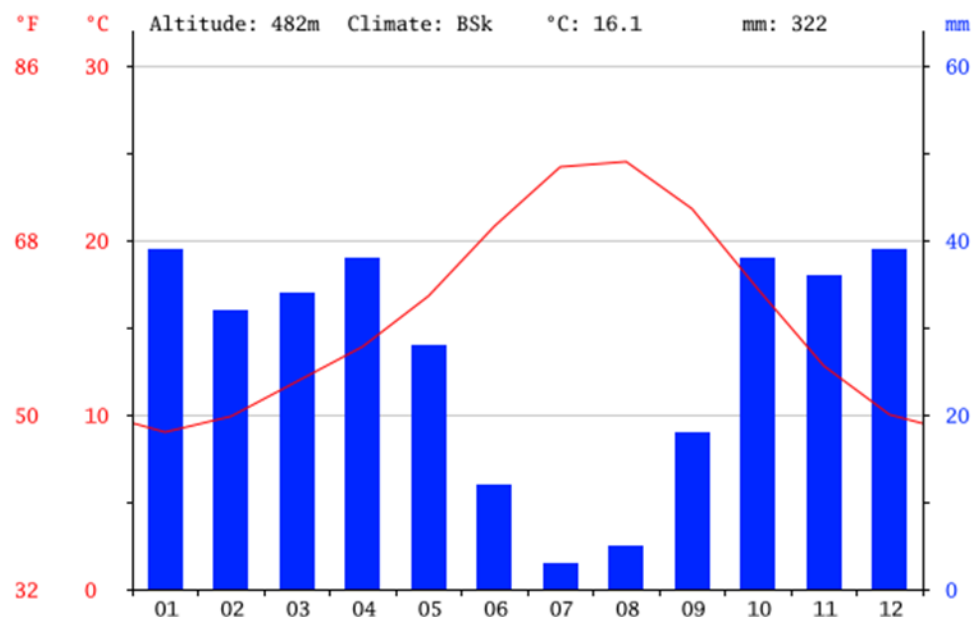


Figura 4. Ombroclimograma de la estación climática de Alicún (482 m asl). Termotipo: termomediterráneo superior, ombrotipo: semiárido superior.

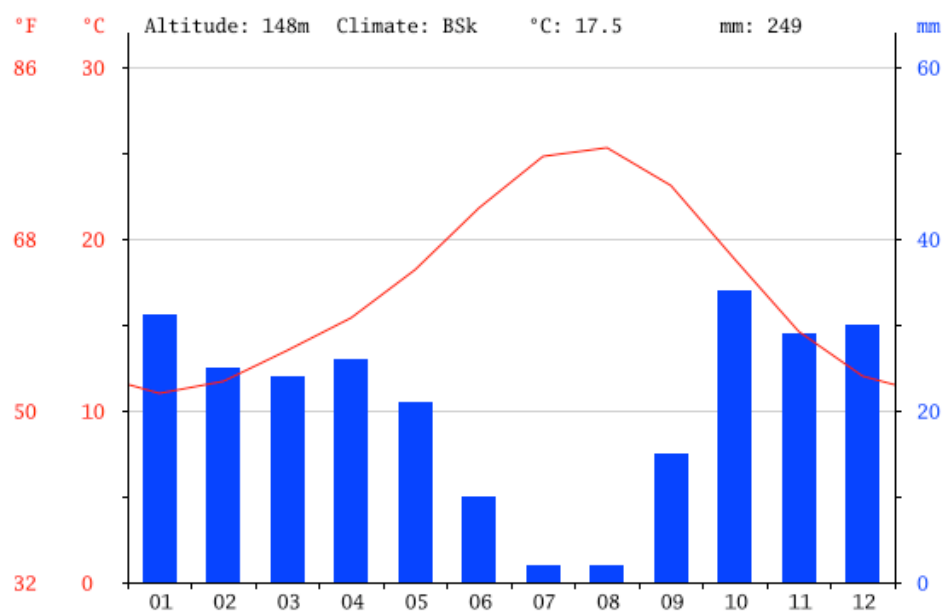


Figura 5. Ombroclimograma de la estación climática de Gádor (148 m asl). Termotipo: termomediterráneo superior, ombrotipo: semiárido superior.

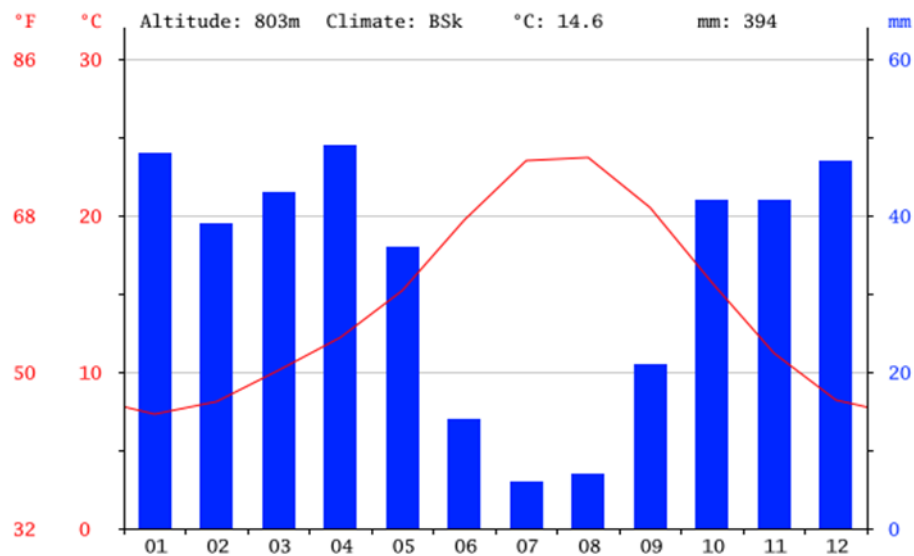


Figura 6. Ombroclimograma de la estación climática de Félix (803 m asl). Termotipo: termomediterráneo superior, ombrotipo: seco inferior.

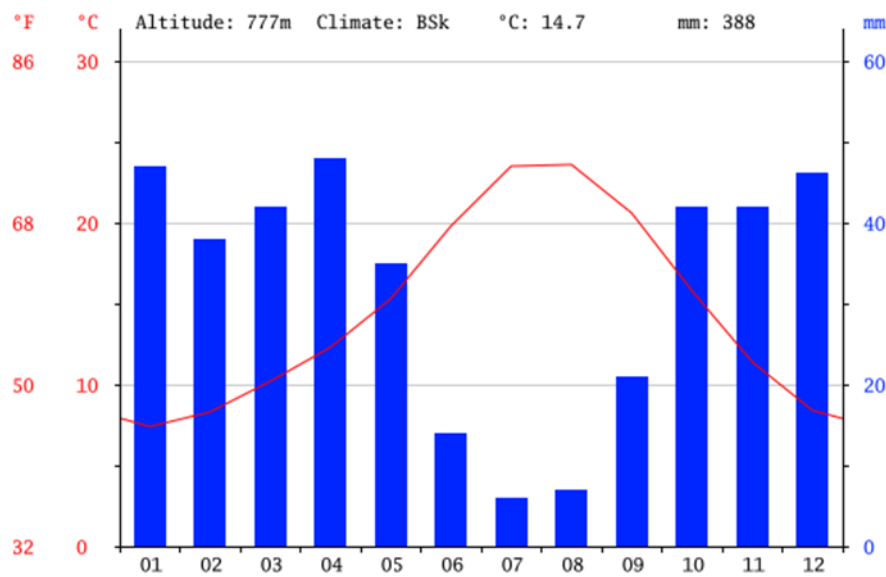


Figura 7. Ombroclimograma de la estación climática de Énix (777 m asl). Termotipo: termomediterráneo superior, ombrotipo: semiárido superior.

4. VEGETACIÓN Y FLORA DE LA SIERRA DE GÁDOR

La vegetación natural de la Sierra de Gádor se encuentra fuertemente alterada por la secular actividad humana, en gran parte, a causa de su riqueza en yacimientos minerales, lo que ha modificado sus hábitats, fundamentalmente debido a la deforestación, con el aumento de escorrentía y de erosión (Figura 8). La vegetación forestal es escasísima estando todo el territorio potencialmente arbolado muy deforestado desde tiempos históricos; únicamente puede reconocerse en pequeños enclaves y barrancos; además existen numerosas repoblaciones con diversas estirpes de pinos en todo el área montañosa.



Figura 8. Aspecto de la deforestación generalizada en la Sierra de Gádor.

La vegetación del territorio se puede delimitar con detalle en función de los diferentes termotipos reconocidos.. En la actualidad, las etapas seriales ocupan gran parte del paisaje gadorense.

La vegetación potencial y sus series puede ser esquematizada del siguiente modo:

Áreas de termotipo termomediterráneo

Potencialmente estos territorios se corresponden con las series del azufaifo o arto rojo y del lentisco desde el nivel del mar hasta los 800 m asl aproximadamente:

1. Serie climatófila almeriense mediterránea xérica y desértica oceánica infra-termomediterránea árida-semiárida inferior euoceánica de las altifruticadas estructuradas por *Ziziphus lotus* y *Salsola oppositifolia* (*Zizipho loti sigmetum*).

Ocupa las áreas más expuestas y térmicas del área. Las especies arbustivas que estructuran la etapa madura de esta serie tan singular (*Ziziphetum loti*) son el azufaifo o arto rojo (*Ziziphus lotus*, Figura 9a) y el salado (*Salsola oppositifolia*, Figura 9b) al que suelen acompañar espinos negros (*Rhamnus lycioides*, Figura 9c), esparragueras blancas (*Asparagus albus*), rascaviejas (*Launaea lanifera*) y, en el área, las oruguillas (*Euzomodendron bourgaeum*, Figura 9d). Matorrales de degradación y comunidades gramínoideas de sustitución incluyen especies como *Salsola papillosa*, *Limonium insigne*, *Lygeum spartum*, etc.



Figura 9. Taxones representativos de la vegetación del entorno del Balneario de Alhama de Almería, de izquierda a derecha y de arriba abajo, a), *Ziziphus lotus* (Rhamnaceae); b) *Salsola oppositifolia* (Amaranthaceae); c) *Rhamnus lycioides* (Rhamnaceae); d) *Euzomodendron bourgaeum* (Brassicaceae).

Se trata de un conjunto de comunidades vegetales de especial interés por la presencia de algunas especies endémicas o singulares.

2. Serie climatófila y edafoxerófila murciano-almeriense mediterránea xérica oceánica termomediterránea semiárida de las altifruticadas y microbosques abiertos estructurados por *Rhamnus lycioides* y *Chamaerops humilis* (*Chamaeropo humilis-Rhamno lycioides* sigmetum).



Figura 10. Taxones representativos de la vegetación del entorno del Balneario de Alhama de Almería, de izquierda a derecha y de arriba abajo, a) *Chamaerops humilis* (Palmaceae); b) *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae); c) *Sideritis lasiantha* (Lamiaceae); d) *Thymra capitata* (Lamiaceae).

Ocupa áreas meridionales de la Sierra de Gádor en la zona basal de su catena altidinal y sin efectos costeros directos. Vegetación arbustiva estructurada por palmitos (*Chamaerops humilis*, Figura 10a), espinos negros (*Rhamnus lycioides*), lentisco (*Pistacia lentiscus*, Figura 10b), que incluyen con frecuencia, la presencia

natural de pinos carrascos (*Pinus halepensis*). Ente las plantas frecuentes de estos matorrales o sus etapas seriales destacan el esparto (*Macrochloa tenacissima*) matagallos (*Phlomis purpurea* subsp. *almeriensis*), cuchillejas (*Bupleurum gibraltarium*), gusaneras (*Sideritis lasiantha*, Figura 10c) rabos de gato (*Sideritis leucantha*), esparragueras blancas (*Asparagus albus*), tomillos (*Thymbra capitata*, Figura 10d; *Thymus hyemalis*), ajedreas de monte (*Micromeria graeca*), etc.

En las áreas más meridionales de la Sierra de Gádor, con el mismo carácter que la anterior y con influencia del efecto costero por proximidad al litoral, aparecen las series almerienses de las altifruticedas basífilas decíduas en verano estructuradas por cornicales (*Periploca angustifolia*, Asclepiadaceae) y artos negros o rojos (*Maytenus europaeus* –Celastraceae-, *Ziziphus lotus*).

Áreas de termotipo mesomediterráneo

3. Serie climatófila y edafoxerófila bética calcícola y dolarenitícola mediterránea pluviestacional oceánica mesomediterránea seco-húmeda de los bosques de *Quercus rotundifolia* y *Paeonia coriacea* (*Paeonio coriaceae-Quercus rotundifoliae* sigmetum).

Agrupar la vegetación de los encinares mesomediterráneos potenciales de la catena de la Sierra de Gádor ocupando aproximadamente el intervalo altitudinal entre los 800-1500 m asl. La etapa madura corresponde a un encinar (*Paeonio coriaceae-Quercetum rotundifoliae*) del que apenas quedan algunos bosquetes en el área gadorense. Las etapas seriales, ampliamente desarrolladas sobre materiales calcáreos o dolomíticos, incluyen coscojares (*Crataego monogynae-Quercetum cocciferae*), retamares (*Genisto speciosae-Retametum sphaerocarpaceae*), romerales y piornales (*Lavandulo lanatae-Echinospartium boissieri*) y comunidades gramíneas de atochas, lastones, etc. La presencia de lentiscos (*Pistacia lentiscus*), o incluso, acebuches (*Olea europaea* subsp. *sylvestris*, Oleaceae) permite reconocer en ciertas áreas meridionales una variante o faciación termófila de estos encinares en un amplio ecotono hacia áreas de termotipo termomediterráneo.

Especies destacables de estos encinares o de sus etapas seriales son, además de la encina o carrasca (*Quercus rotundifolia*, Fagaceae), coscojas (*Quercus coccifera*), aladiernos (*Rhamnus alaternus*), retamas (*Retama sphaerocarpa*), genistas (*Genista speciosa*), piornos finos (*Echinospartum boissieri*), peonías (*Paeonia coriacea*, *Paeonia broteroi*), tomillos (*Thymus baeticus*), oropesas (*Phlomis crinita* subsp. *malacitana*), etc.

Áreas de termotipo supramediterráneo

4. Serie climatófila y edafoxerófila bética calcícola y calco-dolomíticola mediterránea pluviestacional oceánica supramediterránea seco-húmeda de los bosques de *Quercus rotundifolia* y *Berberis hispanica* (*Berberido hispanicae-Quercetum rotundifoliae* sigmetum).

Esta serie de vegetación se corresponde, en la catena de vegetación potencial de la Sierra de Gádor, aproximadamente con el intervalo altitudinal entre 1500-1900 m asl. Es el areal de los encinares supramediterráneos (*Berberido hispanicae-Quercetum rotundifoliae*). Al igual que en el caso anterior quedan escasos bosquetes de los encinares prístinos; se extienden en extensas áreas las comunidades seriales: espinales con agracejos (*Berberis vulgaris* subsp. *australis*), tomillares y salviares de montaña y comunidades vivaces graminoides.

Entre las especies destacables podemos mencionar, además de la encina y del agracejo, escobas negras (*Cytisus scoparius* subsp. *reverchonii*), hierbas pedregueras (*Ononis aragonensis*), madreselvas (*Lonicera arborea*), salvias (*Salvia lavandulifolia* subsp. *oxyodon*), erizones (*Erinacea anthyllis*), lastones (*Festuca scariosa*), ruscos (*Ruscus aculeatus*), heléboros (*Helleborus foetidus*), clavelillos de montaña (*Dianthus pungens* subsp. *brachyanthus*), endrinos de Sierra Nevada (*Prunus ramburii*), etc.

En las comunidades seriales de la vegetación potencial supramediterránea se reconocen diversos hábitats de interés comunitario europeo destacando, asimismo, numerosos taxones de por su distribución y autoecología. En estas áreas se ubican las charcas con agua más o menos permanente y los hábitats de interés excepcional por la flora que albergan (Figura 11a).



Figura 11. Paisajes de la Sierra de Gádor, de izquierda a derecha, a) balsa de La Chanata, 1380 m asl; b) vista general de la cobertura vegetal de las cumbres de la Sierra de Gádor.

Áreas de termotipo oromediterráneo

5. Serie climatófila y edafoxerófila penibética meridional y maginense calcícola y calcodolomitícola mediterránea pluviestacional oceánica supramediterránea superior-ormediterránea húmedo-hiperhúmeda de las fruticedas de *Juniperus sabina* y *Rhamnus infectoria*.

Representa la vegetación potencial leñosa de las áreas cumbreñas gadorenses, de forma generalizada, a partir de los 1900 m asl. La etapa madura correspondería a una formación abierta de sabinas rastreras (*Juniperus sabina*) siendo las etapas seriales las que conforman el paisaje de la alta montaña gadorense. Matorrales seriales, tomillares almohadillados y comunidades gramínoideas se imbrican para forman ese paisaje (Figura 11b) donde abundan numerosas plantas de interés como *Astragalus granatensis*, *Berberis vulgaris* subsp. *australis*, *Erinacea anthyllis*, *Hormatophylla spinosa*, *Polygala boissieri*, *Pterocephalus spathulathus*, *Rhamnus infectoria*, *Thymus serpylloides* subsp. *gadorensis* (Figura 12), *Vella spinosa*, etc.



Figura 12. Detalle de la inflorescencia de la labiada *Thymus serpylloides* subsp. *gadorensis* (Lamiaceae), endemismo gadorense

Vegetación de carácter edafoxerófilo o temporihigrófilo

Destacamos dos series de vegetación por su interés en el territorio. Por un lado los microbosques naturales mesomediterráneos de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y, por otro, la vegetación temporihigrófila supramediterránea que se conserva protegida en barrancos umbrosos y que permanece refugiada en ciertos hábitats en la Sierra de Gador

6. Serie climatófila y edafoxerófila gadorense calco-dolomitícola mediterránea xérica oceánica y pluviestacional oceánica mesomediterránea semiárido-subhúmeda de los microbosques de *Pinus halepensis* y *Rhamnus velutina* subsp. *almeriensis* (*Rhamno almeriensis*-*Pino halepensis* sigmetum).

Representa los microbosques de pino carrasco de la Sierra de Gádor (*Rhamno almeriensis-Pinetum halepensis*).

7. Serie temporihigrófila bética calcícola mediterránea pluviestacional oceánica supramediterránea subhúmedo-húmeda de los bosques de *Acer granatense* y *Daphne latifolia* (*Daphno latifoliae-Aceri granatensis* sigmetum).

Se trata de las arcedas gadorenses (*Daphno latifoliae-Aceretum granatensis*) que, florísticamente, incorporan al endrino de Sierra Nevada (*Prunus ramburii*).

En referencia a la flora de la Sierra de Gádor, a pesar de las alteraciones del entorno natural gadorense, la situación biogeográfica del área, fronteriza entre el mundo bético y el murciano almeriense, la convierten en una zona de excepcional interés que alberga numerosos endemismos y en la que otros muchos taxones encuentran su límite de distribución (10, 11).

Por su proximidad al continente africano existen taxones ibero-norteafricanos que tienen su límite de distribución en el sureste peninsular, algunos exclusivos del área como *Polycarpon polycarpoides* subsp. *herniarioides* (en los cortados calizos de áreas de termotipo supra- y oromediterráneo) e *Hypericum robertii* (sobre lajas inclinadas de calizas margosas), además de otros como *Hypericum elongatum* subsp. *callithyrsum*, que se encuentra en muy pocas sierras béticas. Por otro lado, los elementos nevadenses, como *Leontodon boryi* y *Sideritis glacialis*, pueden considerarse como irradiaciones basadas en la proximidad geográfica.

Los taxones característicos o diferenciales del distrito biogeográfico Gadorense son: *Alyssum gadorense* (Figura 13a), *Astragalus tremolsianus* (Figura 13b), *Carthamus hispanicus*, *Centaurea gadorensis*, *Coronopus navasii* (Figura 13c), *Lavatera oblongifolia*, *Seseli intricatum* (Figura 13d), *Teucrium cavanillesianum* y *Veronica tenuifolia* subsp. *fontqueri*.

Existen, igualmente, endemismos exclusivos de la Sierra de Gádor, como son *Alyssum gadorense*, *Astragalus tremolsianus*, *Sonchus pustulatus*, *Centaurea kunkelii* (Figura 14a), *Coronopus navasii* (con una población disyunta en el noreste de Guadalajara), *Seseli intricatum* y *Teucrium intricatum* (Figura 14b). Es destacable la presencia de dos especies prioritarias, según la Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992: el mastuerzo de Gádor (*Coronopus navasii*) y el godín de Gádor (*Seseli intricatum*).



Figura 13. Endemismos gadorenses, de izquierda a derecha y de arriba abajo, a) detalle de un ejemplar de la crucífera *Alyssum gadorense* (Brassicaceae); b) detalle de la leguminosa *Astragalus tremolsianus* (Fabaceae); c) detalle de la crucífera *Coronopus navasii* (Brassicaceae), endemismo descrito de la Sierra de Gádor que, recientemente, ha sido citado en hábitats similares en el complejo de lagunas de Gallocanta (Laguna de La Zaida, Zaragoza); d) imagen de la lámina descriptiva original del endemismo gadorense amenazado *Seseli intricatum* (Apiaceae). Imagen obtenida de la obra de Boissier, *Voyage Botanique dans le Midi de l'Espagne*, vol. 2, tabla 72, 1840 (Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC).



Figura 14. De izquierda a derecha, a) Detalle de un ejemplar de la compuesta *Centaurea kunkelii* N. García (Asteraceae) endemismo gadorense; b) detalle de las flores del endemismo almeriense *Teucrium intricatum* (Lamiaceae).

Por último, reseñar la recentísima publicación de un nuevo género monoespecífico de Antirrhineae endémico de Gádor que alude al nombre del macizo montañoso que lo alberga: *Gadoria falukei* Güemes & Mota (Antirrhineae, Plantaginaceae) [in Phytotaxa 298 (3). 2017] (Figura 15). El enlace a la publicación original (12) es: <https://biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.298.3.1>).



Figura 15. Hábito y detalle de las flores de *Gadoria falukei* (Plantaginaceae) taxon endémico de la Sierra de Gádor recientemente descrito para la ciencia. El nombre genérico hace alusión a su restringida distribución geográfica en las montañas gadorenses.

5. APÉNDICE SINTAXONÓMICO

I. QUERCETEA ILICIS

+ Quercetalia ilicis

. Quercion broteroi

.. Paeonio broteroi-Quercenion rotundifoliae

1. *Berberido hispanicae-Quercetum rotundifoliae*

2. *Paeonio coriaceae-Quercetum rotundifoliae*

+ Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni

. Rhamno lycioidi-Quercion cocciferae

3. *Rhamno almeriensis-Pinetum halepensis*

4. *Crataego monogynae-Quercetum cocciferae*

. Periplocion angustifoliae

5. *Ziziphetum loti*

II. QUERCO-FAGETEA SYLVATICAE

+ Quercetalia pubescenti-petraeae

. Aceri granatensis-Quercion fagineae

6. *Daphno latifoliae-Aceretum granatensis*

III. CYTISETEA SCOPARIO-STRIATI

+ Cytisetalia scopario-striati

. Retamion sphaerocarpace

7. *Genisto speciosae-Retametum sphaerocarpace*

IV. ROSMARINETEA OFFICINALIS

+ Rosmarinetalia officinalis

. Lavandulo lanatae-Echinospartion boissieri

6. REFERENCIAS

1. Rivas-Martínez S, Rivas Sáenz S & Penas A. Worldwide bioclimatic classification system. Global Geobot 1: 1-634 + 4 mapas. 2011.
2. Rivas-Martínez S., Penas A, Díaz-González T, del Río S, Cantó P, Herrero L, Pinto Gomes, C & Costa JC. Biogeography of Spain and Portugal. Preliminary typological synopsis. Int J Geobot Res 2014; 4:1-64.
3. Castroviejo S, & al. (coord. gen.). Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC, 1986
4. Euro+Med (2006-): Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Published on the Internet <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/> [accedido el 30.XI.2017].
5. Rivas-Martínez S, Fernández-González F, Loidi J, Lousã M, Penas A. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. Itinera Geobot 2001; 14: 5-341.
6. Rivas-Martínez S, Díaz TE, Fernández-González F, Izco J, Loidi, J, Lousã M, Penas A. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2011. Itinera Geobot 2002; 15(1-2): 5-922.
7. Rivas-Martínez S, & col. Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España (memoria del mapa de vegetación potencial de España) parte II. Itinera Geobot 2011; (n.s.) 18(1): 5-424.

8. Jacquin JP. Contribution à l'étude géologique et minière de la Sierra de Gador (Almería, Espagne). Nantes, 2 vols. 1970.
9. San de Galdeano C. Estructura del borde oriental de la Sierra de Dádor (zona alpujárride, Cordilleras Béticas). Acta Geol Hispanica 1985; 20: 145-154.
10. Giménez Luque, E. & Gómez Mercado, F. Nuevas aportaciones a la flora de Andalucía: Sierra de Gádor (Almería). Acta Bot Malacitana 26: 256-259. 2001.
11. Giménez Luque, E. & Gómez Mercado, F. Análisis de la flora vascular de la Sierra de Gádor (Almería, España). Lazaroa 23: 35-43.
12. Güemes, J & Mota JF. Gadoria (Antirrhineae, Plantaginaceae): A new genus, endemic from Sierra de Gádor, Almería, Spain. Phytotaxa 298 (3): 201-221. 2017.

Acción terapéutica de las aguas del Balneario de San Nicolás, Alhama de Almería

Title in English: *Therapeutic action of the waters of San Nicolás Spa, Alhama de Almería*

Josefina San Martín Bacaicoa

Catedrática Emérita de la Universidad Complutense de Madrid. Académica Correspondiente de la RANF.
jsanmarb@ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 83, Special Issue (2017) pp. 157-185.

RESUMEN	ABSTRACT
<p>Se hace referencia a las vicisitudes por las que atravesó el balneario de Alhama de Almería a lo largo del tiempo y se destaca la intervención de algunos médicos-directores del balneario que ayudaron a mantenerlo activo. Las aguas mineromedicinales fueron declaradas de Utilidad Pública en 1884y ratificada esta declaración de Utilidad Pública por el Real Decreto 743/1928. Según recientes análisis, las aguas son hipertermales, de mineralización media, bicarbonatadas, sulfatadas, cálcicas, magnésicas, extremadamente duras y radiactivas. Se especifican, en este resumen, las vías de administración, técnicas utilizadas y los efectos que de ellas se derivan, destacando la balneo-cinesiterapiay se señalan las indicaciones y contraindicaciones. Se analiza la información, aportada por la Dirección del balneario, referente a la población asistente en los últimos cinco años, su procedencia, número, género, así como las patologías más frecuentes y se muestran en forma de gráficos</p>	<p>This article make reference to the vicisitudes along the years the Alhama de Granada Spa went across, highlighting the medical-doctors supervision to maintain active the Spa. The mineral-medicinal waters of this spa were declared of Public Utility in 1884 and ratified this declination by Real Decree 743/1928. According to recent analysis, these waters are hyperthermal, medium mineralization; bicarbonate, sulphate, calcium and magnesium being the predominant ions; extremely hard and radioactive. The routes of administration, techniques used and the effects arising from them are specified, highlighting the hydro-kinesitherapy, as well as the indications and contraindications. Supplied information concerning to the population attending the spaduring the last five years, is analyzed; number and gender of the users, as well as the most frequent pathologies which are shown in some graphics.</p>
<p>Palabras clave: Aguas mineromedicinales; Balnearios; Balneoterapia; Balneario de San Nicolás (Alhama de Almería)</p>	<p>Keywords: Mineral waters; Spas; Balneotherapy; San Nicolás Spa (Alhama de Almería).</p>

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación geográfica y generalidades



El balneario San Nicolás está situado en la localidad de Alhama de Almería, a 21 Km de la capital, en las estribaciones orientales de Sierra Nevada, en la falda de la sierra de Gádor y en las cercanías del río Andarax, a 445 m.s.n.m., a medio camino entre la montaña y la costa almeriense, cerca de los parques naturales de Sierra Nevada o de Cabo de Gata y de sus playas.

Este balneario ha sido conocido como balneario de Alhama de Almería; después del grave terremoto que desvió sus aguas, ocurrido en 1522, se llamó Alhama la Seca; en 1927 adoptó el nombre de Balneario de San Nicolás, en honor al patrón de la localidad y desde mediados del siglo XX, que fue adquirido por la familia de D. José Morcillo, actual director gerente, se le conoce como Hotel Balneario San Nicolás en Alhama de Almería.

2. BALNEARIO DE ALHAMA DE ALMERÍA Y SUS AGUAS. ANTECEDENTES

Parece ser que ya se hiciera uso de las aguas del Balneario de Alhama de Almería en tiempos de la dominación romana.

Una importante muestra de piezas de origen romano atestigua la vinculación de este pueblo en torno al manantial de aguas calientes. Además de La Puente,

reconstruido en tiempos de Carlos III y restaurado recientemente, se conserva en el balneario una bañera de mármol blanco, del siglo III (Figura 1).



Figura 1. Bañera de mármol blanco original siglo III, conservada en el balneario.

Según la historiadora Mari Carmen Amate del Instituto de Estudios Almerienses, el hallazgo de una pequeña escultura, femenina, de mármol blanco, en las inmediaciones de los baños, es una importante muestra sobre la ocupación romana de estas tierras.

Así mismo, son evidentes las huellas de su pasado musulmán; en primer lugar, su denominación Alhama, del árabe “al-Hamma” que significa “agua sagrada” y, también, los restos de la fortaleza nazarí Los Castillejos, al pie del Cerro Milano.

No nos extenderemos en la estimulante historia de Alhama de Almería, ya que, en el primer capítulo de esta monografía, ha sido expuesta de forma detallada por la Prof. Dña. Carmen Francés Causapé y cols. (1)

3. EL BALNEARIO DE ALHAMA DE ALMERÍA

Estrofas del poeta almeriense Ibn al-Haddab, que ya en el siglo XI, decía de los Baños de Alhama:

En Alhama la brillante, se realizan los deseos:

Es como un jardín de flores olorosas.

¡Es asombroso! Allí se reúnen dos cosas contrarias:

El agua que brota y el fuego que se esconde.

Son muchas las vicisitudes por las que este Balneario de **Alhama de Almería** ha pasado a lo largo del tiempo.

En el año 1522 el terremoto que asoló Almería y los pueblos cercanos causó graves daños en el balneario de Alhama de Almería; se perdieron por completo las aguas y por eso, se denominó Alhama La Seca.

En la Memoria sobre el origen del balneario de Alhama de Almería. Imp. J. Matarín. 1972, (2) se dice que en Alhama “en dicho lugar estaba una fuente, que salía de la sierra, que estaba dentro del lugar cerca de la sierra, decían era caliente y con ella se hicieron Baños en dicho lugar, y de esta agua los vecinos bebían y regaban las heredades y tierras blancas, y era fuente de mucho provecho, y que en el año del terremoto que sucedió en la dicha ciudad de Almería, la dicha fuente se hundió y perdió, que no quedó memoria de ella, y así no quedó agua en el dicho lugar...” “Y que por esta razón el dicho lugar quedó sin agua y se nombra Alhama la Seca...” “Es el terremoto que asoló Almería y los pueblos de su río y del Andarax el 22 de septiembre de 1522.” (2)

En 1576 Alhama recobró sus aguas pero, el nombre de Alhama La Seca se mantuvo durante muchos años, hasta 1880. (3) Así lo recoge también el Diccionario Geográfico Histórico de Pascual Madoz (4)

El balneario permaneció cerrado durante muchos años; en 1781 los baños se volvieron a poner en funcionamiento, gestionados por la Hermandad de Las Ánimas. La primera desamortización de Godoy, en 1798, privó a la Hermandad de la propiedad, quedando, de nuevo, los baños cerrados hasta finales del siglo XIX, Guía 1907 y (5).

En 1874 se constituyó la Sociedad de Baños de San Nicolás y el balneario volvió a funcionar; se abrió al servicio público en 1877, siendo su primer médico-director D. Ildefonso Otón y Parreño.

3.1. El balneario en la actualidad

El edificio actual del Balneario data de 1928. En 1962 se realizó una renovación total de las instalaciones y en 1966 lo compró la familia de D. José Morcillo. Se han hecho diferentes ampliaciones, manteniendo las estructuras antiguas y conservando: muebles, azulejos de gran belleza, etc. (6).



Figura 2. Vista actual del hotel balneario San Nicolás.



Figura 3. Entrada al balneario.

La restauración ha recuperado su estilo original con un patio central y el magnífico balcón terraza mirador que se abre a la Sierra de Gador.

Actualmente, el Balneario de San Nicolás en Alhama de Almería, desde 1997 se va adaptando a las exigencias de los clientes. Permanece abierto durante todo el año.

El Hotel *** Balneario San Nicolás, Alhama de Almería, ubicado dentro de la población, tiene tres plantas de hotel y dependencias y en la parte baja están las instalaciones balnearias. El hotel tiene capacidad para 161 personas y cuenta con acceso para minusválidos, disponiendo de dos habitaciones especialmente adaptadas.



Figura 4. Pasillo del primer piso conserva los bellísimos azulejos originales.

Ofrece muy diversos servicios, además de los relacionados con la utilización de sus aguas mineromedicinales, buscando la máxima comodidad y bienestar, para el descanso y satisfacción de sus clientes.

En su restaurante-comedor se ofrece, tipo buffet, selección de platos típicos de la zona de la Alpujarra, carnes y pescados elaborados con productos tradicionales y exquisitos postres; se preparan también platos, bajos en calorías, y se tiene en cuenta las dietas vegetarianas y para diabéticos.

3.2. Alhama de Almería y sus aguas

Las aguas del Balneario de Alhama de Almería, surgen al pie de un peñasco llamado Vilano, cerca del río Andarax, en forma de dos manantiales termales, de gran caudal, 1.300.000 litros diarios, en el interior de una amplia gruta, acumulándose las aguas en un lago que tiene salida a las afueras de la población a través de una mina.
(7)

Actualmente se captan las aguas en su origen, del pozo "El Sillero", a 200 metros de profundidad y a 300 metros de distancia del balneario y desde ahí se bombea el agua hasta la galería de baños del Balneario, vertiéndose la sobrante en un gran estanque descubierto, contiguo al balneario. (8)

Brotan las aguas a 46º, llegando a las piscinas y cañerías a 45; su caudal es muy abundante, suministrando 1.300.000 litros diarios. Son claras, transparentes, inodoras y de sabor ácido; al enfriarse dejan sedimento en las vasijas...

Según señala D. Gil Ramón Rodríguez, farmacéutico que analizó las aguas en 1893, "los esquistos arcillosos calcinados, las calizas ennegrecidas y los minerales que se encuentran en la zona, hacen suponer actividades volcánicas que debieron intervenir directamente en la emergencia de estas aguas y en las vicisitudes del manantial, a lo largo del tiempo", recoge Armijo (8)

En 1853 Pedro María Rubio (9) dice refiriéndose a las aguas de Alhama la Seca,

"Son ácido carbónicas. Se bebe y se bañan los enfermos en la balsa. Como esta se halla sin género alguno de resguardo, es espuesto el bañarse, como no sea en tiempo sereno y caluroso. Son poco concurridas estas aguas."

En la guía oficial de 1927 (10) se señala la composición de la aguas y se lee: "el agua limpia y transparente, de sabor agradabilísimo, se usa al interior, ya enfriada y en forma de baños. Emerge a 46º de temperatura y pertenece, por su composición, a las bicarbonatadas, cálcicas, fosfatadas, litínicas y ferruginosas"

En la Guía Oficial de los Balnearios y Aguas Minero-medicinales de España, 1946-47, Madrid, Alhama de Almería figura entre los Balnearios y Manantiales que, por diferentes causas, no están en activo (11).

3.3. El balneario – Evolución – Médicos Directores

El Balneario se abrió de nuevo al servicio público en 1877, siendo su primer médico-director D. Ildefonso Otón y Parreño.

Para el estudio de los Balnearios Españoles es imprescindible la obra, que hemos consultado, de Leopoldo Martínez Reguera "Bibliografía Hidrológico-Médica Española" (12).

Así mismo, son de gran interés las Memorias de los Médicos de Baños, Directores del balneario, que, preceptivamente, debían elaborar y remitir al Ministerio de la Gobernación, cuyos originales se conservan en la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. El que fue Director de la Biblioteca de esta Facultad, D. Juan Antonio Méndez Aparicio (1991-2004, año en que

falleció) recopiló las Memorias de los siglos XIX y XX que, más tarde han sido publicadas en Balnea. (13)

En esta publicación se recogen 14 Memorias de Médicos de Baños sobre Alhama de Almería, en las que se exponen, entre otras cosas, las actividades realizadas en el balneario, instalaciones existentes y necesidades de mejora, estudios analíticos de las aguas, pacientes que acudían, tratamientos realizados, evolución de los pacientes, etc.

Las ocho primeras Memorias sobre Alhama de Almería, manuscritos firmados, corresponden al Médico-Director en propiedad **D. Ildefonso Otón y Parreño**, que desde 1878 a 1885, dirigió el Balneario de Alhama de Almería. Fue Co-Fundador de la Sociedad Española de Hidrología Médica y Vocal de la Comisión de Publicaciones.

En la primera Memoria anual, la de 1878 (14), este primer médico director, hace referencia a los baños y aguas mineromedicinales de Alhama la Seca, provincia de Almería, y en las de los años siguientes, 1880, 1881, 1882, 1883 y 1885 ya las denomina Alhama de Almería. En estas Memorias se incluyen, cuadros estadísticos reglamentarios, situación geográfica, análisis químico de las aguas, sus usos medicinales, temporadas de apertura del balneario, 1º de Mayo a 30 de Junio y de 1º de Septiembre a 31 de Octubre. Se insiste en todas las memorias la necesidad de mejorar las instalaciones balnearias y hoteleras.

En la primera Memoria de 1878, el Dr. Otón y Parreño refiere, consiguió por Orden Ministerial de 16 de mayo de 1877 se declarasen las aguas de Alhama La Seca como Aguas de Utilidad Pública.

A instancias de este Médico-Director, se realizó el primer análisis fisicoquímico de las aguas, por el farmacéutico Gil Ramón Rodríguez, en 1878.

En todas sus memorias el Dr. Otón y Parreño siguió manifestando la necesidad de realizar mejoras y ampliar las instalaciones; en 1883 se instalaron baños de vapor y duchas. (15)

Las Memorias reglamentarias, de 1887 a 1890 correspondientes a las dos temporadas oficiales del Balneario de Alhama de Almería, están presentadas por su Médico Director en propiedad **D. Santiago García Fernández**; se realizan mejoras en el hotel y se construye una fuente para beber.



Figura 5. Fuente actual en el jardín del Balneario.

En 1888 insiste en las reformas; ya tenía estación telegráfica y en 1889 se hacen algunas mejoras, baño de asiento con hidromasaje y otras y, por fin, en 1890 consigue se construyan 4 pilas de mármol y 9 piscinas, 4 para mujeres, 4 para hombres y 1 para pobres (16).

En 1894 y 1895 el médico-director en propiedad y por oposición es **D. Benito Minagorre y Cubero** quien presentó las Memorias reglamentarias del gran establecimiento balneario de Alhama de Almería: aguas bicarbonatadas, cálcicas, fosfatadas, litínicas, ferruginosas, temperatura 46º C, caudal 53,244 litros por hora, temporadas oficiales desde 1º de mayo a 30 de junio y desde 1º de septiembre a 31 de octubre (17).

En la última década del siglo XIX, se realiza la segunda fase de reconstrucción del edificio. Se construyó una modesta instalación termal con dos cuartos de baño, duchas y piscinas en donde se mantenía rigurosa higiene gracias a las disposiciones del Dr. Company (18) que fue Médico Director de Alhama de Almería de 1901-1902.

Queremos destacar a este médico, el **Dr. Juan Company Jiménez**, Director del Balneario en 1901-1902, (no incluido en cit.13), que tuvo importancia en la evolución del balneario de Alhama de Almería; ejerció su influencia hasta 1918 e incluso en fechas posteriores, durante la II República.

El Dr. Company, republicano, masón y un ejemplo de honestidad, fue amigo de Gregorio Marañón, quien en 1928 visitó con otros médicos, Alhama de Almería. En 20 de septiembre de 1931, se dieron cita en Alhama máximos dirigentes de la II República española... Nicolás Salmerón, Indalecio Prieto, Ortega y Gasset, Miguel de Unamuno...

En la guerra civil Company se exilió a París y después a Méjico. Company pidió la intervención de su amigo Gregorio Marañón, para volver a España del exilio y lo consiguió en 1949. No consiguió volver como médico a Alhama de Almería.

Después de la guerra civil, el balneario de Alhama de Almería fue centro de Falange Española hasta su reconstrucción en los años 60 por D. José Artes de Arcos; lo mantiene cerrado durante décadas.

En la Guía Oficial de los Balnearios y Aguas Minero-medicinales de España, 1946-47, Alhama de Almería figura entre los Balnearios y Manantiales que, por diferentes causas, no están en activo. (19)

3.4. Declaración de Utilidad Pública

Las aguas minero-medicinales del Balneario de Alhama de Almería fueron declaradas de Utilidad Pública en 1884 y ratificada esta declaración de Utilidad Pública por el Real Decreto 743/1928.

4. CARACTERÍSTICAS DE SUS AGUAS - ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Atendiendo a los análisis realizados recientemente (20) y especialmente los practicados y presentados por la Profesora Esperanza Torija y cols. (21), las aguas mineromedicinales del Balneario de Alhama de Almería se pueden considerar como aguas:

Hipertermales, temperatura 47,6°C.

Ligeramente alcalinas, pH 6,4 a temperatura del manantial.

Mineralización media, residuo seco a 180°C, 627,2 mg/L.

Por sus iones predominantes: bicarbonatadas, sulfatadas, cálcicas, magnésicas.

Extremadamente duras, 445,1 mg/L de CO₃Ca.

Radiactivas, 181 βq/L-Rn²²².

Estas aguas no se pueden considerar, actualmente, ferruginosas ya que su contenido en hierro es 1 mg/L.

5. VÍAS DE ADMINISTRACIÓN Y ACCIONES SOBRE EL ORGANISMO

Las aguas mineromedicinales del Balneario de San Nicolás, Alhama de Almería se administran por vía oral, inhalatoria y tópica.

5.1. Vía Oral - Cura hidropínica

Atendiendo a las características del agua, se administra por vía oral buscando efectos en aparato digestivo. Estas aguas, hipotónicas y con cierto poder alcalinizante, podrían actuar como protectoras de la mucosa gástrica y de los primeros sectores intestinales, con acción antiinflamatoria, sedante y antiespasmódica debido principalmente a su componente cálcico. También produce estímulo del peristaltismo intestinal y de los reflejos hepatobiliares, con aumento de la secreción biliar. Así mismo el calcio puede actuar sobre el sistema nervioso simpático con efecto regulador del tono vegetativo. (22) (23) (24).

La administración por vía oral en dosis suficiente y adecuada, principalmente en ayunas, produce además un efecto diurético y de arrastre, que facilita la eliminación de catabolitos, ácido úrico, urea, etc., mejora así la función renal, evitando el depósito de arenillas y dificultando la infección en las vías urinarias (25).



Figura 6 . Galería de baños con fuente para bebida.

5.2. Vía inhalatoria

La administración del agua por vía inhalatoria es de utilidad en afecciones respiratorias, por la humectación que produce en la mucosa de las vías respiratorias, con acción fluidificante de las secreciones, favoreciendo el transporte mucociliar y la eliminación de las secreciones.

Es importante tener en cuenta el tamaño de las partículas de agua a inhalar, de tal forma que, la penetración de las mismas depende de su tamaño; si son mayores de 30 micras (técnicas de gota gruesa - spray) quedan retenidas en los primeros sectores de las vías respiratorias: laringe, tráquea y bronquios; para alcanzar sectores más distales, es necesario obtener partículas de 10 micras o menores; las partículas menores de 0'5 micras, debido a su movimiento browniano, pueden favorecer su depósito en bronquiólos e incluso alveolos.



Figura 7. Sala de Inhalaciones.

En las técnicas de inhalación se debe atender a la temperatura del agua a inhalar, que se mantendrá cercana a la indiferencia, alrededor de 37°C o ligeramente inferior (26 San Martín - Crenotecnia).

Para la aplicación de las aguas por vía inhalatoria, el balneario cuenta con: sala de inhalaciones (Figura 7), con nebulizaciones, aerosoles, pulverizaciones, duchas nasales y el vaporarium (Figura 8).

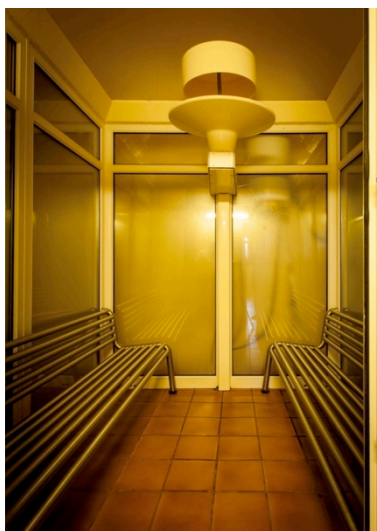


Figura 8. Vaporarium.

5.3. Vía tópica. Técnicas de aplicación

Las técnicas de aplicación tópica incluyen los baños generales de inmersión en bañera individual o en piscina y las aplicaciones con presión: duchas y chorros en distintas modalidades, con dispositivos específicos para su aplicación a distinta presión y temperatura, o incorporados a las bañeras o en las piscinas de tratamiento (hidromasaje).

Las acciones derivadas de la composición química del agua son poco relevantes en estas técnicas de aplicación tópica, se buscan efectos dependientes de factores físicos: térmicos y mecánicos.

Factores hidrotérmicos y sus efectos

La temperatura de aplicación puede ser variable en cada una de las técnicas utilizadas y debe ser ajustada individualmente, teniendo en cuenta la afección a tratar y a la idiosincrasia del paciente.

Los efectos térmicos de la **balneación** se producen gracias a que el agua es un excelente vehículo del calor, en virtud de su anormalmente elevado calor específico. La transmisión del calor y los efectos que en el organismo se producen son dependientes del gradiente de temperatura, de la extensión de la aplicación, de la duración del contacto y de la sensibilidad individual. (27)

En los baños calientes individuales, a temperatura ligeramente superior a la indiferencia (35-37°C) se producen cambios en la vascularización periférica, una vasoconstricción inmediata breve, seguida de vasodilatación periférica prolongada que conlleva a activación de la circulación, apertura de nuevos capilares y arteriolas de tejidos superficiales, con la consiguiente mejoría del trofismo tisular.

Las aplicaciones de calor producen también analgesia y una acción sedante general por la influencia sobre el sistema nervioso; elevan el umbral del dolor, dificultan la conducción de la sensibilidad dolorosa por atenuar o abolir la sensibilidad de los receptores periféricos, con repercusión sobre los centros moduladores del dolor y en la liberación de sustancias endorfinas.

Cuando la temperatura del agua es superior a la indiferente (37-38°C) y la aplicación es prolongada, (20 ó 30 minutos) se produce además relajación del tono muscular, disminuye la contractura y la fatiga muscular.

En las aplicaciones frías locales a temperaturas por debajo de la indiferencia (20 - 25°C) se obtienen efectos vasculares destacados de vasoconstricción periférica, seguida de una vasodilatación reactiva; se aprecia disminución del dolor, efecto

antiinflamatorio y antiedematoso. Suelen ser bien toleradas y se pueden aplicar por espacio de dos a cinco minutos por sesión (28).

En las **técnicas con presión, duchas y chorros**, de ordinario de corta duración, aplicados directamente sobre la piel o de forma subacuática se añaden a los efectos térmicos, el efecto de percusión o de masaje que es fuente de estimulación de receptores cutáneos que, actuando de manera refleja o bien por acción directa, van a facilitar la relajación muscular, la liberación de adherencias, el aumento del flujo sanguíneo, sedación y analgesia.



Figura 9. Ducha circular.

Factores mecánicos: hidrostáticos e hidrodinámicos – Balneocinesiterapia.

En los **baños de inmersión en tanque o piscina**, además de los efectos térmicos, se buscan efectos derivados de otros **factores físicos, mecánicos hidrostáticos e hidrodinámicos** que están relacionados con la posibilidad de realizar ejercicio dentro del agua.

La presión hidrostática y su consecuencia el principio de Arquímedes o fuerza de flotación o de empuje, va a producir en el cuerpo sumergido una disminución aparente de su peso, tanto mayor cuanto mayor sea el nivel de inmersión, con liberación de las estructuras que soportan carga (caderas, columna lumbar, etc.) y que va a tener como principal consecuencia, la facilitación de los movimientos, que se podrán realizar aún con músculos muy debilitados.

Ahora bien, un cuerpo en movimiento dentro del agua, sufre una resistencia a su avance debido a fuerzas intrínsecas, tales como cohesión intermolecular, tensión superficial, viscosidad, densidad, que se oponen al movimiento dentro del agua. Esta resistencia hidrodinámica, puede ser hasta 600 veces mayor que en el aire si se modifican las circunstancias o se consideran factores añadidos, extrínsecos al agua,

como dirección y velocidad del desplazamiento, superficie a movilizar, ángulo de ataque, turbulencias, etc. Estos factores de resistencia al movimiento permiten la posibilidad de programar una amplia gama de ejercicios, desde los más facilitados a los resistidos, siempre de acuerdo con la necesidad, conveniencia y tolerancia individual (29).

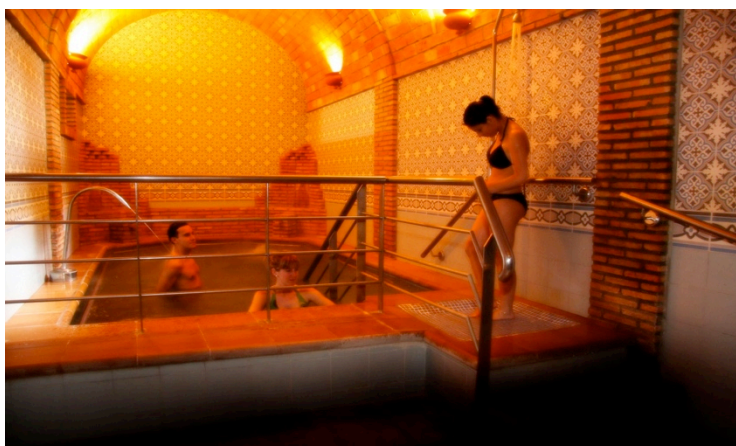


Figura 10. Piscina termal.

La presión hidrostática, tanto mayor cuanto mayor es la profundidad y del mismo valor en todos los puntos de cada plano horizontal, manifiesta su acción directa sobre el sistema venoso y las grandes cavidades corporales, y determina una facilitación de la circulación de retorno, mayor con el individuo en posición vertical, que obliga a una mayor actividad cardíaca. En condiciones normales esa mayor actividad cardíaca exigida es fácilmente superada, pero en sujetos de edad avanzada o con alteraciones circulatorias, en especial, con dilataciones varicosas importantes, puede causar desfallecimiento cardíaco. A esto debemos añadir los efectos sobre la función respiratoria, que debido a la compresión sobre la caja torácica y el diafragma, produce modificaciones que, en los pacientes con enfermedad respiratoria o cardíaca, pueden ser causa de disnea y opresión en los baños. Con esto, queremos llamar la atención sobre la necesidad de una **especial vigilancia de la situación cardiorrespiratoria**, de las personas sometidas a estos tratamientos.

La presión hidrostática y otras fuerzas intrínsecas al agua, como la cohesión, viscosidad, tensión superficial, pueden ser, además, origen de **estímulosexteroceptivos**, aprovechables para una mejor percepción del esquema corporal, de la posición de los miembros y del sentido del equilibrio, de gran utilidad en el tratamiento de personas con procesos postraumáticos o neurológicos (30).

La **balneocinesiterapia**, o terapia por el ejercicio dentro del agua, constituye la técnica más sofisticada y específica en la recuperación funcional de alteraciones del aparato locomotor de tipo reumático, postraumático o neurológico, para combatir el

dolor y la limitación funcional, mejorar la función, la flexibilidad y la potencia muscular, mediante ejercicios facilitados, soportados o resistidos según la necesidad en el tratamiento.

Estos beneficios de la balneocinesiterapia se pueden obtener en gran número de personas que, sin patología alguna, deseen recuperar y mantener la forma física y evitar así los nefastos efectos de una vida sedentaria y estresada (31).

Además hay que destacar la posible intervención de factores hidrocinéticos, como puede ser la proyección sobre la superficie corporal de chorros subacuáticos y los derivados de la agitación del agua, que producen una acción percutora o de masaje (hidromasaje). Estos efectos se añaden a los térmicos y mecánicos propios de la inmersión, dando así la posibilidad de obtener de forma simultánea, los efectos del calor, masaje, movilidad (32).

Acción general estimulante inespecífica

Las técnicas de aplicación tópica pueden comportarse como estimulantes de la capacidad defensiva del organismo y como un factor de acción general inespecífico. Tales aplicaciones constituyen un estrés o agresión repetida, que, aunque de escasa intensidad, es suficiente para poner en marcha los mecanismos defensivos generales, lo que nos permite explicar, en parte, la beneficiosa acción general de las curas balnearias. (33)

6. INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES DE LAS APLICACIONES TÓPICAS

Las principales **indicaciones** están relacionadas con afecciones de aparato locomotor, de tipo reumático: reumatismos inflamatorios fuera de la fase aguda, reumatismos degenerativos de cualquier localización, reumatismos para o ab-articulares, lumbalgias, fibrositis; secuelas postraumáticas e incluso neurológicas.

A estos procesos se podrían añadir los derivados de la **Patología de la Civilización**, tales como situaciones de estrés, ansiedad, depresión, personas que están sometidas a un excesivo ritmo de vida o simplemente a quienes sin presentar patología alguna, desean mejorar su forma física disfrutando de un ambiente distinto al habitual, amable, tranquilo, libre de contaminación, lejos de las grandes ciudades.

Consideramos **contraindicaciones absolutas**: todos los procesos agudos o en fase de agudización; procesos tumorales malignos; insuficiencias descompensadas: cardíaca, respiratoria, renal, etc.); hipertensión arterial grave; accidentes cerebrovasculares recientes, epilepsia, estados caquéticos y de agotamiento de la capacidad de respuesta orgánica.

Contraindicaciones relativas: las aplicaciones tópicas tienen escasas contraindicaciones. Cada técnica debe ser prescrita individualmente y adaptada al estado patológico e idiosincrasia de cada paciente.

Duración total del tratamiento con aguas mineromedicinales, debería ser de tres a cuatro semanas, como se realiza en el resto de los países europeos.

7. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CURA BALNEARIA

En el tratamiento en un balneario intervienen múltiples factores que se integran en un conjunto operante, que llamamos Cura Balnearia y que intervienen en el resultado de la misma. (33Armijo 1964) (34)

El **agua mineromedicinal** es el factor principal, junto con las vías de administración y las técnicas utilizadas.

Factores ambientales: clima, pureza atmosférica, libre de contaminación, tranquilidad del ambiente, sin contaminación acústica, reposo físico y psíquico, durante unos días lejos de la ciudad y del ambiente habitual, familiar, laboral, etc.

Dietética y medicación prescrita o controlada por el médico.

Muy importante, la **estrecha relación positiva médico-enfermo** y con el resto del personal colaborador, tanto médico como hotelero.(35)(36)

Destacamos la influencia de las **circunstancias ambientales** del lugar en el que se encuentra el balneario.

El **clima** de la zona de Alhama es seco y soleado, caluroso en verano y templado en invierno. Temperatura media anual es de 32°C en verano y 18°C en invierno. Este clima templado, ventilado y seco, crea circunstancias favorables en los pacientes reumatismos, fundamentalmente debido al bajo y constante grado hidrométrico atmosférico.

8. INSTALACIONES BALNEARIAS Y TECNICAS

El balneario de San Nicolás cuenta con instalaciones para aplicación de distintas técnicas balneoterápicas. En parte ya se mostrado en su lugar; recogemos de forma resumida (37) (38) (39) e incluimos algunas fotos.



Figura 11 - Galería de baños.

Baños generales y locales

Baño termal individual.

Piscina termal – tratamientos colectivos (Figura 12).

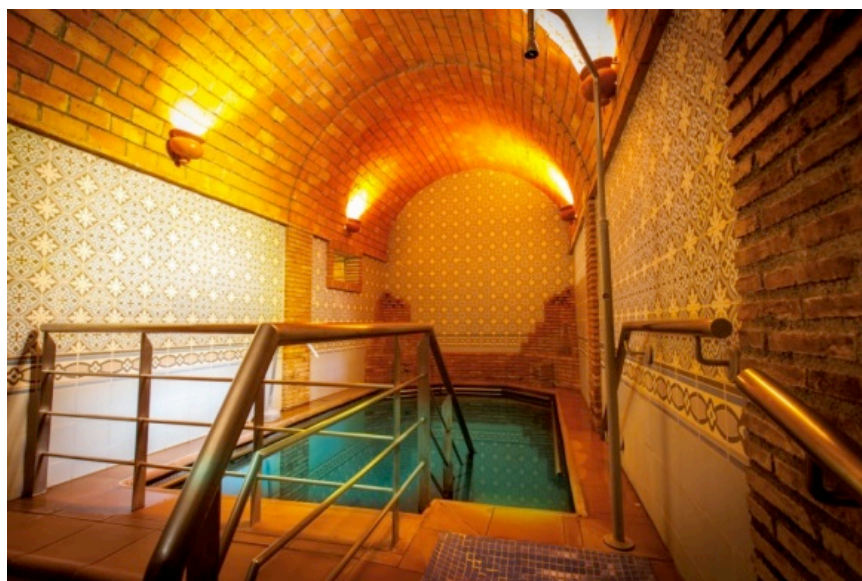


Figura 12. Piscina termal.

Baños de burbujas, Baño Niágara, Jacuzzi (Figura 13).

Baños locales alternantes (calor-frío) para manos (maniluvios) y pies (pediluvios) (Figura 14).



Figura 13. Jacuzzi.

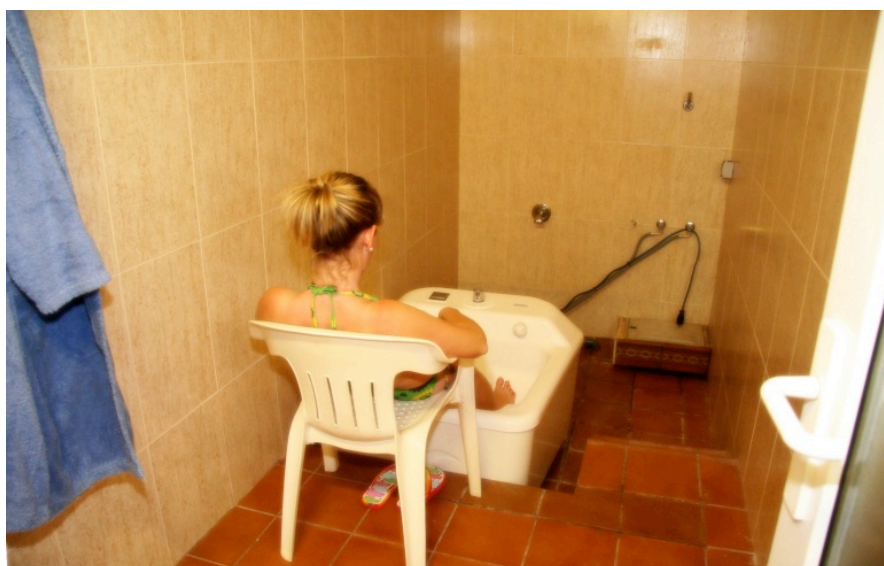


Figura 14. Pediluvio.

Duchas y chorros

Chorros generales a presión.

Ducha circular (Figura 9) .

Ducha de Vichy.

Ducha escocesa.

Técnicas inhalatorias (Ya señaladas en 5.2)

Inhalaciones (Figura 7)

Aerosoles.

Pulverización nasal. Duchas nasales.

Vaporarium (Figura 8)

Otras

Gimnasio, Sauna.

Lodos, parafango, parafina.

Masajes: relax, terapéutico, linfático.

Presoterapia. Electroterapia, electroestimulación.

Tratamientos de estética, adelgazamiento, chocolaterapia, vinoterapia.

9. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN ASISTENTE

El Balneario San Nicolás de Alhama de Almería tiene establecido concierto con el Programa de Termalismo Social del IMSERSO (Andalucía) en el que se señala que los beneficiarios serán enfermos que precisen tratamiento reumatológico o respiratorio.

9.1. Procedencia de usuarios - Hotel Balneario San Nicolás

Según extraemos de la información recibida de la Dirección del balneario, el mayor porcentaje de usuarios que acuden al balneario de San Nicolás en Alhama de Almería procede de Andalucía 66,00%, seguido de Madrid 17%, Cataluña 6%, Murcia 3%, Aragón 1%, Asturias 1%, Cantabria 1%, Castilla La Mancha 1%, Galicia 1%, Comunidad de Navarra 1%, País Vasco 1% y La Rioja 1%.

9.2. Número de pacientes, grupos y duración de la estancia, número de sesiones y técnicas utilizadas

La información recibida está relacionada con los pacientes del Programa de Termalismo del IMSERSO. Durante los años 2015, 2014 y 2013, hubo dos grupos por año, uno de 12 días y otro de 10 días; el año 2012 un grupo de 10 días y en 2011 un grupo de 11 noches.

En cada grupo se señala el **número de informes post-cura y número total de sesiones** de las 15 distintas técnicas utilizadas: número, % de hombres, % mujeres y % del Total.

Por otra parte, se recibe información de informes post-cura por año, de los cinco años estudiados, **estadística de patologías**.

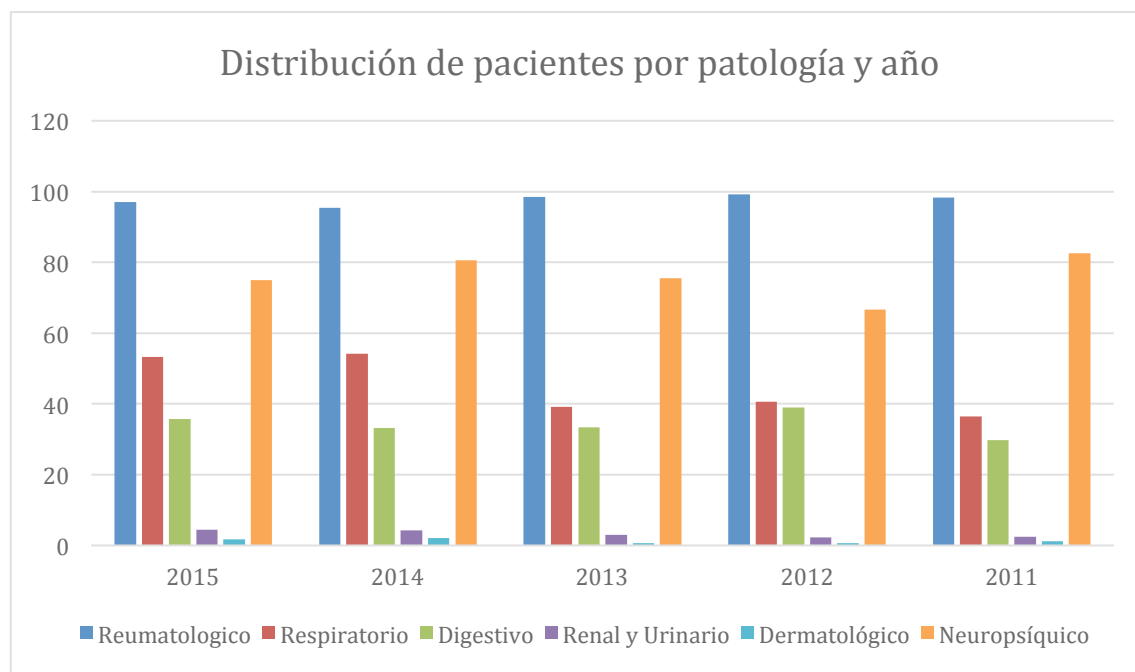


Gráfico 1. Patologías.

Como se puede observar en este gráfico, los resultados del estudio en los cinco años, son muy parecidos, siendo las patologías más frecuentes los reumatismos crónicos degenerativos y afecciones broncopulmonares.

No hemos recibido información sobre el resultado de los tratamientos.

Se recogen **seis grupos de diferentes patologías** con distintos subgrupos y en, cada apartado: número de informes, distribuidos por hombres y mujeres, % por grupo y % del Total, que se exponen, a continuación, de forma resumida.

A REUMATOLÓGICO; nueve subgrupos

B RESPIRATORIO; seis subgrupos

C DIGESTIVO; siete subgrupos

D RENAL Y VÍAS URINARIAS; cuatro subgr.

E DERMATOLÓGICO; ocho subgrupos

F NEUROPSÍQUICO; nueve subgrupos

Ante la imposibilidad de comentar cada uno de esos aspectos de la valiosa documentación recibida, destacaré aquellos puntos de mayor interés.

9.3. Patologías más frecuentes

Dentro de las patologías incluidas en A, el subgrupo de **Reumatismos crónicos degenerativos**, (no se especifica localización), constituye el 94,59 % del %Total y el 97,45 % del % de grupo, en el año 2015. El número de informes 1.608, siendo en él, mayor el nº de mujeres (993 mujeres) que el de hombres (615 hombres).

La siguiente patología en frecuencia, en este grupo A, son las **secuelas postraumáticas**; se incluye 258 informes, 171 mujeres y 87 hombres (Ver Gráfico 2).

Similar consideración podríamos hacer, al observar la información en los años anteriores al 2015, en el grupo Reumatológico.

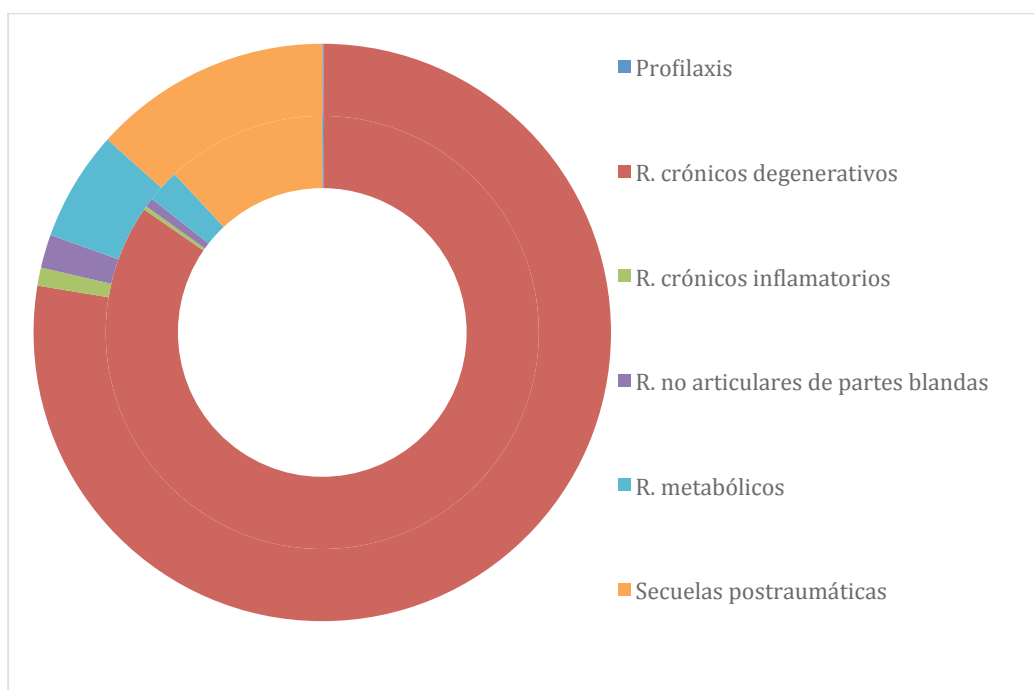


Gráfico 2. Patologías reumáticas en 2015 por género (círculo interior hombres y círculo exterior mujeres).

De todo ello se deduce que, los **reumatismos crónicos degenerativos** constituyen las patologías más frecuentes que aquejan los pacientes, seguido a gran distancia, de las **secuelas postraumáticas**. También se aprecia que el número de mujeres es muy superior al de hombres.

Otras patologías tratadas en este grupo, en número muy inferior: reumatismos crónicos inflamatorios que no estén en fase aguda (0,88%), reumatismos no articulares de partes blandas (1,71%), reumatismos metabólicos (5,71%)

En la patología B, **aparato respiratorio**, destaca la **Patología broncopulmonar**: 426 informes, con distribución similar por género, 211 mujeres, 215 hombres. **Fosas nasales y senos**: 111 informes, algo mayor el número de mujeres. En el subgrupo **Profilaxis** se incluyen 247 informes, siendo también mayor el número de mujeres. Otras patologías tratadas en este grupo: faringe y amígdalas 82 informes, laringe 1 y oído medio 62 (Gráfico 3).

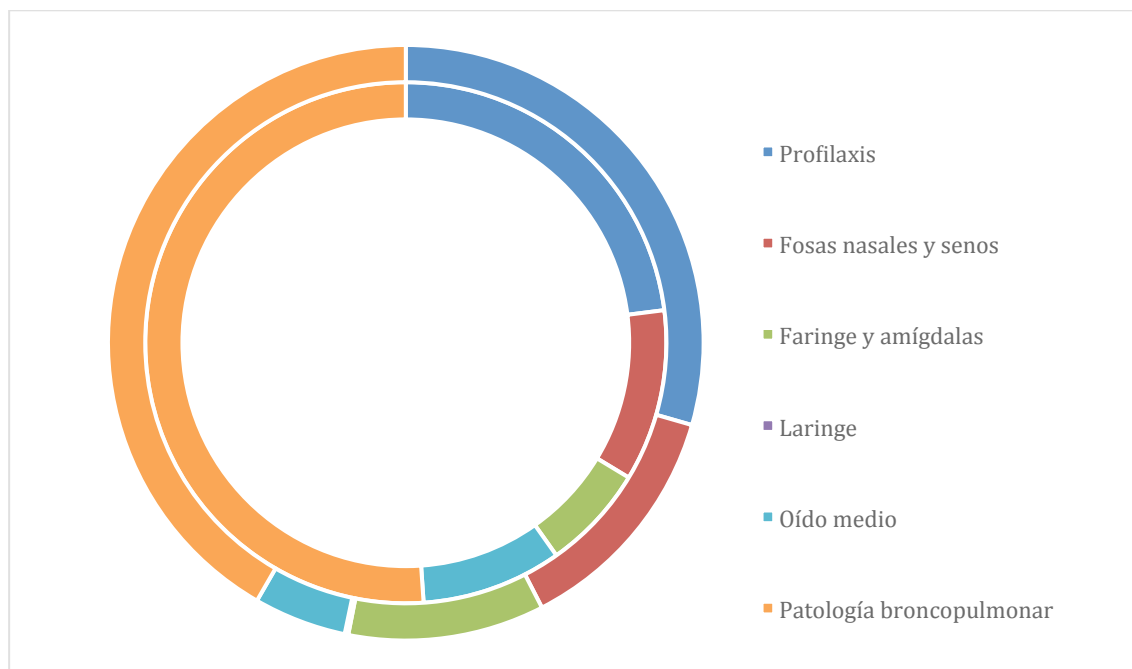


Gráfico 3. Patologías respiratorias atendidas en 2015 por género (círculo interior hombres, círculo exterior mujeres).

En el grupo **C Digestivo**: se señalan enfermedades metabólicas y/o endocrinas 522 informes: gástricas 39, intestinales y rectales 28 y hepato-biliares 37.

En el grupo D, 77 informes en total: prevención de cistitis de repetición, prevención de litiasis renal o de pequeños cálculos, enfermedades del túbulo renal, insuficiencia renal crónica en fases iniciales.

Grupo **E Dermatológico**, 13 informes por eccemas y dermatitis, 9 por psoriasis y 6 por cicatrización quemaduras o heridas.

Grupo **F Neuropsíquico**: destacan los **cuadros que cursan con dolor** 1.074 informes, 63,18% del Total, 84,17% del Grupo; casi doble nº de mujeres 704, hombres 370.

Los informes del resto de patología en este grupo son muy inferiores en número: profilaxis, 67; esclerosis múltiple en fase intercrítica 4; trastornos del movimiento 30; enfermedades del músculo, unión neuromuscular y nervios

periféricos 70; distimias: depresión crónica 75; estrés/ansiedad 29; psicopatías controladas 25 informes (Gráfico 4).

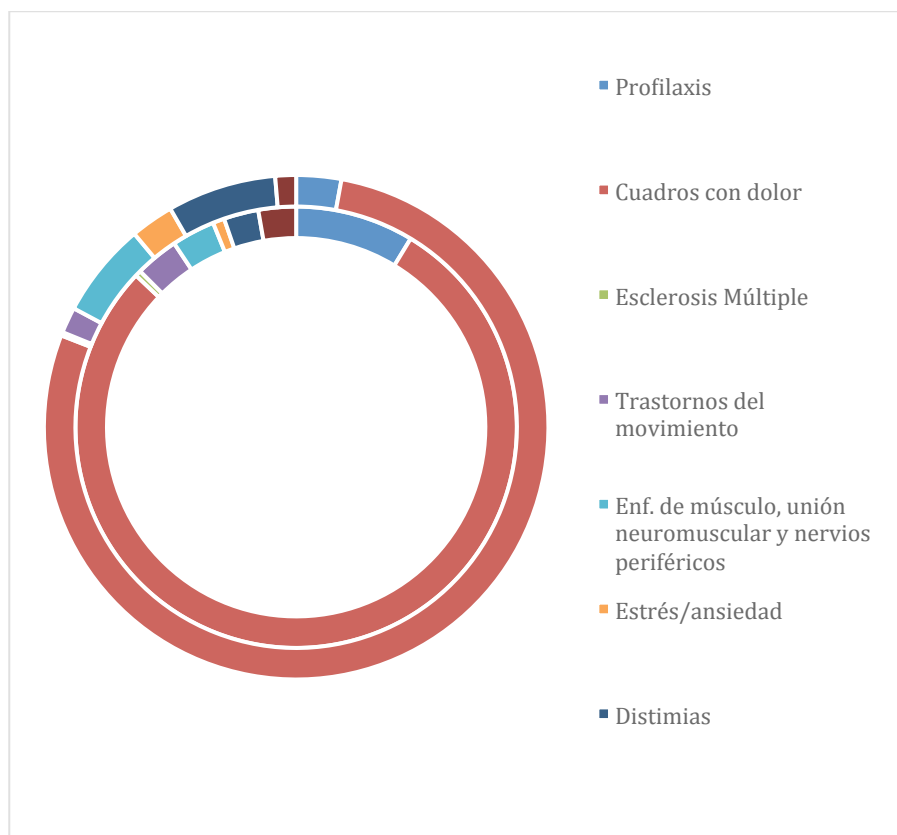


Gráfico 4. Patologías neuropsíquicas atendidas en 2015 por género (círculo interior hombres, círculo exterior mujeres).

9.4. Informes sobre técnicas utilizadas

En las hojas de información enviadas se especifican: técnicas utilizadas en cada grupo y año, nº de informes, nº de sesiones, distribución por género y % que representa cada técnica con % Total y % por Grupo.

Para facilitar la observación de la información sobre las distintas **técnicas utilizadas**, hemos escogido el grupo de 12 días, año 2015 que exponemos a continuación, tabla y gráfico.

Año 2015 - Grupo de 12 días duración - 1.263 informes

Técnica	nº Informes	nº sesiones	% Total
Agua en bebida	1.153	11.422	91,29%
Inhalaciones	1.250	9.456	98,97%
Aerosoles	1.251	9.467	99,05%
Duchas nasales y/o orofarín.	1	10	0,08%
Baños colectivos	1.247	10.978	98,73%
Baños individuales	1.227	8.402	97,15%
Chorros	589	3.416	46,63%
Duchas	1.207	9.519	95,57%
Estufas generales	862	8.513	68,25%
Pequeña hidroterapia	1.218	13.922	96,44%
Parafangos y/o parafinas	1.209	1.388	95,72%
Masajes	74	122	5,86%
Otras no usuales	6	15	0,48%

10. CONCLUSIONES

El balneario de Alhama de Almería, se llamó Alhama la Seca después del grave terremoto ocurrido en 1522. En 1927 adoptó el nombre de Balneario de San Nicolás. Actualmente el Hotel *** Balneario San Nicolás, tiene capacidad para 161 personas; con dos habitaciones adaptadas para minusválidos. En la parte baja del edificio están las instalaciones balnearias.

Sus aguas mineromedicinales fueron declaradas de Utilidad Pública en 1884, ratificada esta declaración de U.P. por el Real Decreto 743/1928.

Según recientes análisis, son aguas hipertérmicas, de mineralización media, bicarbonatada, sulfatada, cálcica, magnésica y radiactiva, extremadamente dura; se administran por vía oral, inhalatoria y tópica, aplicando diferentes técnicas, en instalaciones adecuadas.

El Balneario San Nicolás tiene establecido concierto con el Programa de Termalismo Social del IMSERSO (Andalucía), cuyos beneficiarios son usuarios con patología reumática y/o respiratoria.

Del estudio de la información recibida se deduce que la mayoría de los usuarios proceden de Andalucía (66%), seguido de Madrid (17%) y de otras ocho CCAA. Las patologías más frecuentes son reumatismos crónicos degenerativos y afecciones broncopulmonares.

11. AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a D. José Morcillo, Director Gerente del Balneario de San Nicolás, por las atenciones recibidas durante nuestra agradable visita al Balneario y por la información y documentación aportada, para realizar este estudio y publicación. Gracias también a la Dra. GalynaMarchenco y al personal de administración.

12. REFERENCIAS

1. Carmen Francés Causapé y cols. (2016) "Historia y Generalidades" Ponencia en Mesa Redonda sobre el Balneario de San Nicolás (Almería), 3 de marzo.
2. Memoria sobre el origen del balneario de Alhama de Almería (1972). Imp. J.Matarín. p. 8
3. Guía oficial de las Aguas Minero-medicinales y Establecimientos balnearios de España. Temporada de 1907. Imp. Hijos de J. AGarcía. Madrid 1907. pp. 22-24.
4. Madoz, P. Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Madrid. 1846-1850
5. Carmen Amate historiadora (2000) "Sobre los nombres de Alhama. Memoria e Historia. El Eco de Alhama, 9, 4-5.
6. Cruz Cantero, J. (1986) "España. Balnearios. Guía de Estaciones Termales" Edita: Dirección General de Política Turística. pp. 6-7.
- 7.- Gilbert, A. y Carnot, P. (1915) "Crenoterapia Española, Alemana, Austríaca, Inglesa, Americana, etc.". Salvat y C^a Editores. Barcelona. pp. 407-408.
8. Armijo Valenzuela, M. (1979) "Consideraciones generales de interés terapéutico acerca de las aguas mineromedicinales de Alhama de Almería.Madrid". Informe original firmado, inédito.
9. Pedro M^a Rubio. (1853) "Tratado completo de las fuentes minerales de España". Establecimiento Tipográfico de D.R.R. de Rivera. Madrid Tomo II, pp. 451-452.
10. Guía oficial de los establecimientos balnearios y aguas medicinales de España. (R. O. de 28 Agosto 1926) S.A. Editorial y de Publicidad Rudolf Mosse. Madrid-Barcelona. 1927, p. 66
11. Guía Oficial de los Balnearios y Aguas Minero-medicinales de España, 1946-47, Madrid. Editada por la Asociación Nacional de la Propiedad Balnearia. Grupo de Balnearios del Sindicato Vertical de Hostelería y similares, p. 75.
12. Opus cit. en 3.

13. Martínez Reguera, L. (1892) "Bibliografía hidrológica-médica española, 1ª parte. Sección Impresos". Sucesores de Rivadeneira; Madrid, y "Bibliografía hidrológica-médica española, 2ª parte. Vols. I y II" (1896-1897); Sucesores de Rivadeneira; Madrid.
14. Méndez Aparicio, J.A. Catálogo de "Memorias de las aguas minero-medicinales españolas (siglos XIX y XX) publicadas en Balnea, Número 3 Extraordinario. (2008) Ed. Servicio de Publicaciones. Universidad Complutense de Madrid. pp. 6,7 y 8.
14. Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Alhama la Seca, provincia de Almería, según previene la regla 9ª...1878 / el médico-director en propiedad Ildefonso Otón y Parreño, 1878. **Sign.: Ca 2761(4)**
15. Ildefonso Otón y Parreño. Médico-director en propiedad. Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Alhama de Almería. 1885. **Sign.: Ca 2760(2)**
16. Santiago García Fernández. "Establecimiento balneario de Alhama de Almería año de 1890: memoria reglamentaria correspondiente a las dos temporadas oficiales del presente año elevada al Ilmo. Señor Director Gral.de Beneficencia y Sanidad / por el médico director en propiedad D. Santiago García Fernández, 1890. **Sign.: Ca 2816(3)**
17. Benito Minagorri y Cubero. "Gran establecimiento balneario de Alhama de Almería: aguas bicarbonatadas, cálcicas, fosfatadas, litínicas, ferruginosas, temperatura 46°C., caudal 53,244 litros por hora, temporada oficial desde 1.º de mayo á 30 de junio y desde 1.º de septiembre á 31 de octubre" Barcelona: Tipolitografía de Espasa y Comp.ª, 1895.**Sign.: Ca 2832(3)**
18. Opus cit. en 3
19. Opus cit. en 11
20. Maraver Eyzaguirre, F y Armijo Castro, F. (2010). "Vademecum II de aguas mineromedicinales españolas" p.82.
21. Torija Isasa, Esperanza (2016). "Estudio físico-químico de las aguas del Balneario". Intervención Mesa Redonda sobre el Balneario de San Nicolás (Almería). R.A.N.F., 3 de marzo.
22. Armijo Valenzuela, M. (1979) "Consideraciones generales de interés terapéutico acerca de las aguas mineromedicinales de Alhama de Almería" Trabajo original inédito.

23. San José Arango, C. (1996) "Balneario San Nicolás (Alhama de Almería (Almería))" en Balnearios y Curhoteles andaluces. Ed. Turismo andaluz, S.A. Junta de Andalucía. P. 123
24. San José Arango, C. (2000) "Balneario de San Nicolás o Alhama de Almería" en Guía Médica de los Balnearios de España. pp. 41-42.
25. Opus cit. en 22
26. San Martín Bacaicoa, J. (1994) "Crenotecnia. Vía Inhalatoria." Cap. 15 en Armijo Valenzuela, M., San Martín Bacaicoa, J. y cols. Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia. Ed. Complutense. Madrid, pp.194-215.
27. Armijo Valenzuela, M. y San Martín Bacaicoa, J. (1986-1991). Hidroterapia. Fasc. Colecc. en Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd. Vol. I a VI. p.30.
28. Opus cit. en 27, pp. 32-35.
29. San Martín Bacaicoa, J. (2002) "Physiology of aquatic therapy. Resistance factors" Ponenciapresentadaen el 34th World Congress of the International Society of Medical Hydrology and Climatology.Budapest-Hévíz (Hungría).
30. Opus cit. en 27 y 28.
31. Agishi, Y. &Ohtsuda, Y. (1995) Recent Progress in Medical Balneology and Climatology. Ed. Hokkaido University Medical Librery Series, Vol. 34. Sapporo, Japan.
32. San Martín Bacaicoa, J. (2000) Técnicas actuales de tratamiento balneario. Hidrocinesiterapia, en Panorama actual de las aguas Minerales y Mineromedicinales en España. Ministerio de Medio Ambiente. ITGE Madrid. pp. 227-240.
33. Armijo Valenzuela, M. (1968). Compendio de Hidrología Médica. Ed. Científico Médica. Barcelona. pp. 71-73
34. San Martín Bacaicoa, J., Valero Castejón, A. (2006) Acción terapéutica de las aguas del Balneario Cervantes. An. R. Acad. Nac. Farm.,Vol. 72: pp.420-421.
35. San Martín Bacaicoa, J. (1988) "Reumatismos psicógenos y curas balnearias". Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd. 3, 1, pp. 35-38.
36. San Martín Bacaicoa, J. (1996) "Influencia psicoterápica del médico en las curas balnearias". Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd. XI, nº 3, 9-12.
37. Balnearios de España (2007) Balneario San Nicolás. ANBAL, Gráficas Calima, p.07.
38. Hotel balneario San Nicolás, múltiples servicios, máxima satisfacción. (2010). Balnearios de España. Año III. Número 11. ANBAL. Editorial MIC. pp.15-16-17.

39. Información enviada por la dirección del balneario.